



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN (RC 146599)

DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT DENGAN
METODE BETON PRACETAK

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP.10111410000003

Dosen Pembimbing 1 :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
TAHUN 2018

PROYEK AKHIR TERAPAN (RC 146599)

**DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK**

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP.10111410000003

Dosen Pembimbing 1 :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
TAHUN 2018



FINAL PROJECT (RC 146599)

DESIGN STRUCTURE OF CEMENT KUPANG FOR BULK VESSELS 10,000 DWT AND 50,000 DWT WITH PRECAST CONCRETE METHOD

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP.10111410000003

Dosen Pembimbing 1 :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
TAHUN 2018

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG
UNTUK KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 1 Agustus 2018

Disusun Oleh:

Mahasiswa



ACHMAD WASIUR RIZQI

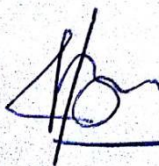
NRP.10111410000003

Di Setujui oleh:

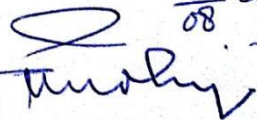
02 AUG 2018

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2







01/08/2018

Ir. IBNU PUDJI RAHARDOJO, MS

Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo

NIP.19600105.198603.1003

NIP.19550319.198403.1.001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasiti-hs.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. ACHMAD WASILUR RIZQI 2
NRP : 1 1011141 0000003 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK KAPAL CIURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK
 1. Ir. IBNU PUJJI RAHARDJO, MS. NIP 19600105 198603 1 003
Dosen Pembimbing : 2. Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo. NIP 19550319 198403 1 001

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	23 Feb 2018	- Gari kedalaman Pondasi				
	(Jum'at)	cek bahan pondasi				
		- Hitungan keluwatan tiang		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2 Maret 2018	- masukkan beban-beban ke SAP				
	(Jum'at)					
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	5 Maret 2018	- Hitung Pilearing dan kuat tiang terhadap				
	(Senin)	cabut				
		- Beban KEL dan UDL		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	19 Maret 2018	- Beban Crane				
	(Senin)	- Beban Gempa (mass source)				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	23 April 2018	- Analisa beban aksial pada tiang				
	(Senin)	pancang untuk beban sementara				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

Choe



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasiipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. AHMAD WASIUR RIZKI 2
NRP : 101111410000003 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR PERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK KAPAL CURAH
10.000 DWT DAN 50.000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK
Dosen Pembimbing : 1. Ir. IBNU PUJDI RAHARDJO, MS. NIP 19600105 198603 1 003
2. Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo. NIP 19550319 198403 1 001

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	7 Mei 2018	- Gunakan tiang pancang baja				
	(Senin)	- tidak perlu bored pile				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	28 Mei 2018	- Perbaiki hitungan pondasi				
	(Senin)					
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	4 Juni 2018	- Cek beban dan desain				
	(Senin)	- tambahkan tiang pancang miring				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

me

DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

Nama : Achmad Wasiur Rizqi
NRP : 10111410000003
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing 1: Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
Dosen Pembimbing 2: Ir. Chomaedhi, CES.Geo

ABSTRAK

Dermaga Semen Kupang merupakan dermaga yang melayani muatan curah kering yang berada di Kupang, Nusa Tenggara Timur. Dalam operasionalnya dermaga ini akan digunakan untuk melayani Kapal curah dengan kapasitas 10.000 DWT dan 50.000 DWT. Dermaga ini juga dilengkapi dengan *Crane* untuk memudahkan pengoperasian dari fungsi Pelabuhan tersebut.

Dermaga direncanakan untuk menahan gempa dengan periode ulang 1000 tahun, dengan mengikuti SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan terhadap beban gempa, dan Pembebanan pada jembatan mengacu pada SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan. Elemen struktur dermaga yang direncanakan menggunakan metode pelaksanaan beton pracetak untuk *half beam* pada balok dan *half slab* pada pelat. Penggunaan beton pracetak dinilai lebih cepat dalam konstruksi, mutu yang terkendali, dan untuk dermaga dengan bentuk yang tipikal.

Dalam perancangan yang dilakukan terdapat 2 struktur diantaranya, dermaga yang berfungsi sebagai tambatan kapal serta operasional sesuai dengan fungsi dari Pelabuhan dan *trestle* yang menjadi jembatan penghubung antara dermaga dengan daratan. Dermaga yang direncanakan dengan panjang 222 m dengan lebar 25 m pada elevasi +5.00 mLWS, serta dilengkapi dengan *fender* dan *bollard* untuk tambatan kapal serta panjang *trestle* 230 m dengan lebar 6 m pada elevasi +5.00 mLWS. Pada struktur bawah direncanakan menggunakan pondasi *steel pile* dengan diameter tiang 1 m. Harapan dari semua hasil yang dirancang dapat mengoptimalkan operasional Pelabuhan yang dermaganya memiliki dua kapasitas kapal yang berbeda antara 10.000 DWT dan 50.000 DWT dengan struktur bangunan tahan gempa.

Kata kunci : *dermaga, beton pracetak, half beam, half slab, trestle.*

DESIGN STRUCTURE OF CEMENT KUPANG PORT FOR BULK VESSELS 10,000 DWT AND 50,000 DWT WITH PRECAST CONCRETE METHOD

Student Name : Achmad Wasiur Rizqi
NRP : 10111410000003
Departement : D-IV Civil Infrastructur FV-ITS
Counselloer Lecturer : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
Ir. Chomaedhi, CES.Geo

ABSTRACT

Semen Kupang Port is a port serving the dry bulk cargo located in Kupang, East Nusa Tenggara. In operation the PORT will be used to serve bulk vessels with a capacity of 10,000 DWT and 50,000 DWT. The port is also equipped with a crane to facilitate the operation of the Port function.

The port is planned to withstand earthquakes with a 1000 year re-period, following SNI 2833-2016 Bridge Design for seismic loads, and Loading on bridges refers to SNI 1725-2016 Loading for Bridges. The dock structure elements are planned using the precast concrete implementation method for half beams on beams and half slabs on plates. The use of precast concrete is rated faster in construction, controlled quality, and for docks of typical shape.

In the design undertaken there are 2 structures including, the port that serves as a mooring vessel and

operational in accordance with the function of the Port and trestle which became the bridge between the port with the mainland. The dock is planned with a length of 222 m with a width of 25 m at an elevation of +5.00 mLWS, and is equipped with fenders and bollards for ship moorings as well as trestle lengths of 230 m with a width of 6 m at +5.00 mLWS elevation. At the bottom structure is planned to use a steel pile foundation with a diameter of 1 m. Expectations of all designed outcomes can optimize operational Ports with docks having two different vessel capacities between 10,000 DWT and 50,000 DWT with earthquake resistant building structures.

Keywords : Port, precast concrete, half beam, half slab, trestle

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Proposal Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Desain Struktur Dermaga Semen Kupang Untuk Kapal Curah 10.000 DWT Dan 50.000 DWT Dengan Metode Beton Pracetak”** dapat terselesaikan.

Tersusunnya Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS., selaku pemberi data untuk Tugas Akhir Terapan.
2. Kedua orang tua penulis, saudara, serta teman-teman yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
3. Bapak Ir, Ibnu Pudji Rahardjo, MS., dan Bapak Ir. Chomaedi, CES.Geo., selaku dosen pembimbing.

Penulis menyadari dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis mohon maaf apabila masih terdapat kekurangan. Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Lokasi	4
1.7 Kondisi Eksisting dan Rencana Desain	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum	7
2.2 Dasar-dasar perancangan	7
2.3 Dermaga.....	8
2.3.1 Pengertian Dermaga	8

2.3.2	Tipe Dermaga.....	9
2.4	Perencanaan Dimensi Dermaga.....	10
2.4.1	Panjang Dermaga	10
2.4.2	Lebar Dermaga.....	11
2.4.3	Elevasi Apron / Lantai Dermaga.....	11
2.4.4	Kedalaman Dermaga.....	12
2.5	Karakteristik Kapal.....	13
2.6	Perencanaan Pembebanan Dermaga.....	15
2.6.1	Beban Horizontal	15
2.6.2	Beban Vertikal	29
2.7	Perencanaan <i>Fender</i>	33
2.7.1	Tipe-tipe <i>Fender</i>	34
2.7.2	Jarak <i>Fender</i>	35
2.8	Perencanaan <i>Bollard</i>	36
2.8.1	Kapasitas <i>Bollard</i>	37
2.8.2	Penentuan Posisi <i>Bollard</i>	37
2.9	Perencanaan Struktur Atas	38
2.9.1	Pelat Lantai	38
2.9.2	Balok Dermaga	47
2.9.3	Perhitungan Tulangan Geser.....	51
2.10	Perencanaan Struktur Bawah	56
2.10.1	Perencanaan <i>Pile Cap</i>	56

2.10.2	Perencanaan Pondasi	58
2.11	Beton Pracetak	62
2.11.1	Pengertian.....	62
2.11.2	Kuntungan dan Kerugian.....	62
2.11.3	Elemen Pracetak	63
2.12	Perhitungan Beton Pracetak	63
2.12.1	Perencanaan tumpuan.....	63
2.12.2	Kontrol Beton Pracetak	64
2.12.2	Kontrol Saat Pengangkatan	66
2.12.3	Kontrol Saat Penumpukan.....	66
2.12.4	Kontrol Saat Pemasangan.....	67
2.12.5	Kontrol Saat Pengecoran	67
2.12.6	Cek Lendutan	68
2.13	Pengangkatan	69
BAB III METODOLOGI		71
3.1	Tinjauan Umum.....	71
3.2	Pengumpulan Data dan Literatur	71
3.2.1	Data Pokok	71
3.2.2	Data Oceanografi.....	80
3.2.3	Literatur	83
3.3	Penentuan Dimensi Dermaga	83
3.4	Perencanaan Dimensi Elemen	83

3.5	Analisa pembebanan Struktur	83
3.5.1	Kombinasi pembebanan	83
3.6	Perencanaan <i>Fender</i> dan <i>Bollard</i>	85
3.7	Analisa Struktur Dermaga	85
3.8	Kontrol Design	87
3.9	Perhitungan Penulangan	87
3.10	Perencanaan Beton Pracetak	88
3.11	Gambar Teknik	88
3.12	Perencanaan Metode Pelaksanaan	89
3.13	Bagan Alir.....	91
BAB IV KRITERIA DESIGN		93
4.1	Data yang digunakan	93
4.1.1	Data Kapal.....	93
4.1.2	Data Bathimetry	94
4.1.3	Data Angin	95
4.1.4	Data Arus	96
4.1.5	Data Pasang Surut	97
4.1.6	Data Tanah	97
4.1.7	Data Crane.....	100
4.1.8	Data Belt Conveyor.....	100
4.2	Kualitas Material	101
4.2.1	Beton	101

4.2.2	Baja.....	101
4.2.3	Tiang Pancang	102
BAB V PRELIMINARY DESIGN		103
5.1	Dimensi Dermaga	103
5.1.1	Panjang Dermaga	103
5.1.2	Lebar Dermaga.....	104
5.1.3	Kedalaman Dermaga Rencana	105
5.1.4	Elevasi Lantai Dermaga	106
5.1.5	Dimensi <i>Trestle</i>	106
5.2	<i>Berthing Force</i>	106
5.3	<i>Mooring Force</i>	111
5.3.1	Beban Angin.....	112
5.3.2	Beban Arus	113
5.4	Beban Arus	116
5.5	Pelat	126
5.5.1	Kontrol Akibat Geser Pons	127
5.6	Balok.....	132
BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR		135
6.1	Balok Dermaga.....	135
6.1.1	Balok Memanjang	136
6.1.2	Balok Melintang	138
6.1.3	Perencanaan Tumpuan	147

6.2 Pelat Dermaga	148
6.2.1 Perhitungan Tulangan Pelat	149
6.2.2 Perhitungan Kontrol Pelat Pracetak	154
6.2.3 Perhitungan Tulangan Angkat	162
6.2.4 Perhitungan Stud	164
6.2.5 Rekapitulasi Jenis Pelat.....	167
6.3 Balok Trestle	170
6.4 Pelat Trestle.....	175
6.5 Perencanaan Pondasi Dermaga	178
6.5.1 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang .	182
6.5.2 Kapasitas Cabut Tiang	185
6.5.3 Daya Dukung Horizontal Pondasi Tiang	185
6.5.4 Perhitungan Tulangan Isian Tiang Pancang.....	187
6.6 Perencanaan Pile Cap	189
6.6.1 Penulangan Virtual Kolom.....	192
6.6.2 Perhitungan Shear Ring	193
6.7 Penulangan Abutment <i>Trestle</i>	201
6.7.1 Data Perencanaan Abutmen	201
6.7.2 Beban Lajur	204
6.7.3 Beban Horizontal	205
6.7.4 Perencanaan Pondasi	213
6.7.5 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang .	216

6.7.6 Kapasitas Cabut Tiang	220
6.7.7 Daya Dukung Horizontal Pondasi Tiang	220
6.7.8 Penulangan Back Wall	223
6.7.9 Penulangan Breast Wall	227
6.7.10 Penulangan Pile Cap.....	236
6.7.11 Pelat Injak.....	239
6.7.12 Rekapitulasi Abutmen dan pile cap Trestle....	244
BAB VII METODE PELAKSANAAN	245
BAB VIII PENUTUP.....	251
8.1 Kesimpulan.....	251
8.2 Saran.....	256
DAFTAR PUSTAKA	257
LAMPIRAN	259

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan (<i>sumber : Google earth.com</i>)	5
Gambar 1. 2 Kondisi Eksisting (<i>sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk</i>)	6
Gambar 1. 3 Rencana desain	6
 Gambar 2. 1 Tampang Dermaga (Triatmodjo: 2009)	9
Gambar 2. 2 Dermaga tipe a) wharf, b) pier, c) jetty (Triatmodjo, 2009)	10
Gambar 2. 3 Perencanaan panjang dermaga (Triatmodjo, 2009).....	11
Gambar 2. 4 Perencanaan kedalaman dermaga (Soedjono : 2002).....	13
Gambar 2. 5 Keternagan dimensi kapal (<i>Bridgestone Marine fender Design manual</i>)	14
Gambar 2. 6 Tambatan kapal	18
Gambar 2. 7 Hubungan antara jari-jari sekitar jarak vertikal kapal dengan koefisien blok (Myers, 1969) ⁷	19
Gambar 2. 8 Koefisien tekanan arus (<i>sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan</i> (2002))	23
Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (<i>sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa</i>)	26
Gambar 2. 10 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75	

tahun (<i>sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa</i>).....	26
Gambar 2. 11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (<i>sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa</i>).....	27
Gambar 2. 12 Pembebanan truk "T" (500 kN) (<i>sumber : SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan</i>).....	30
Gambar 2. 13 Tukan Kangaroo 1500-40 (<i>sumber : Tukan Kangaroo, Ardel</i>).....	33
Gambar 2. 14 Tipe-tipe Fender (<i>sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone</i>).....	35
Gambar 2. 15 Posisi <i>fender</i> secara horisontal (<i>sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone</i>).....	35
Gambar 2. 16 Regangan dan tegangan pada beton bertulang (<i>sumber : RSNI T – 12 – 2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan</i>).....	40
Gambar 2. 17 Bidang penyebaran tekanan roda kendaraan (<i>sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan</i>).....	46
Gambar 2. 18 Tulangan sengkang terbuka (<i>sumber : ACI 11.5.1</i>).....	52
Gambar 2. 19 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah (<i>sumber : Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa</i>).....	60
Gambar 2. 20 Momen akibat posisi titik angkat balok (<i>sumber : PCI Design Handbook 7th Edition</i>).....	70

Gambar 3. 1 Data Tanah BHL-1 (<i>sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk</i>)	73
Gambar 3. 3 Kondisi Eksisting (<i>sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk</i>)	77
Gambar 3. 4 Rencana desain Denah Dermaga.....	77
Gambar 3. 5 Rencana desain potongan melintang dermaga	78
Gambar 3. 6 Rencana desain potongan memanjang dermaga	78
Gambar 3. 7 Rencana desain potongan melintang <i>trestle</i> ...	79
Gambar 3. 8 Rencana desain potongan memanjang <i>trestle</i>	79
Gambar 3. 9 Data pasang surut (<i>sumber : Geotechnical Investigation Report – Jetty Site</i>)	80
Gambar 3. 10 Permodelan Struktur Dermaga pada SAP 2000	85
Gambar 3. 11 Permodelan Struktur Dermaga pada SAP2000 tanpa beban <i>spring</i>	86
Gambar 3. 12 Permodelan Struktur <i>Trestle</i> pada SAP 2000	86
Gambar 3. 13 Lokasi <i>stock yard</i> untuk beton pracetak	88
Gambar 3. 14 Bagan Alir perancangan dermaga	92
 Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting	 94
Gambar 4. 2 Data pasang surut (<i>sumber : Geotechnical Investigation Report – Jetty Site</i>)	97
Gambar 4. 3 Data Tanah BHL-5	98
Gambar 4. 4 Data Tanah BHL-1	99
Gambar 4. 5 Tukan Kangaroo 1500-40 (<i>sumber : Tukan Kangaroo, Ardelt</i>)	100

Gambar 5. 1 Denah dermaga.....	103
Gambar 5. 2 Lebar dermaga.....	104
Gambar 5. 3 potongan melintang dermaga	105
 Gambar 6. 1 Distribusi beban pelat ke balok	136
Gambar 6. 2 Balok sebagai tumpuan	147
Gambar 6. 3 Skema dimensi pelat A1 pada dermaga	149
Gambar 6. 4 Hasil momen dari output SAP2000.....	150
Gambar 6. 5 Hasil As (luas kebutuhan tulangan) dari output SAP2000	153
Gambar 6. 6 Skema pengangkatan pada pelat pracetak	156
Gambar 6. 7 Skema penumpukan pelat pracetak pada 2 tumpuan.....	157
Gambar 6. 8 Skema pemasangan pelat pracetak.....	159
Gambar 6. 9 Skema pengecoran overtopping pelat	160
Gambar 6. 10 Hasil momen dari output SAP2000.....	176
Gambar 6. 11 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang.....	182
Gambar 6. 12 Abutmen tampak samping.....	202
Gambar 6. 13 Timbunan tanah di belakang abutmen	203
Gambar 6. 14 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang.....	217
Gambar 6. 15 Denah tiang pancang	222
Gambar 6. 16 Tekanan tanah pada back wall	224
Gambar 6. 17 tekanan tanah pada breast wall.....	228
Gambar 6. 18 Skema pelat injak	239

Gambar 6. 19 Hasil As (luas kebutuhan tulangan pada abutmen dari SAP2000.....	243
Gambar 8. 1 Permodelan dermaga pada SAP2000	251
Gambar 8. 2 Permodelan <i>trestle</i> pada SAP2000	252

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi lantai dermaga di atas HWS (<i>sumber: Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)</i>)...	12
Tabel 2. 2 Karakteristik kapal Ore carrier (<i>sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone</i>).....	15
Tabel 2. 3 Kecepatan tambat rencana (<i>sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone</i>).....	17
Tabel 2. 4 Koefisien drag (<i>sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan (2002)</i>).....	24
Tabel 2. 5 Kapasitas Bollard (<i>sumber : Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984</i>).....	37
Tabel 2. 6 Penentuan posisi bollard (<i>sumber : Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984</i>)	38
Tabel 2. 7 Faktor keamanan (<i>sumber : Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa</i>).....	60
 Tabel 3. 1 Perhitungan kelas situs tanah	74
Tabel 3. 2 Perhitungan spring pada pondasi	76
Tabel 3. 3 Skala Beaufort (<i>sumber : Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triamodjo, 2009</i>).....	82
Tabel 3. 4 Faktor Beban dan kombinasi pembebanan (<i>sumber : Port of Long Beach Wharf Design criteria</i>)	84
 Tabel 4. 1 Karakteristik kapal Ore carrier (<i>sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone</i>).....	93
Tabel 4. 2 Skala Beaufort (<i>sumber : Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triamodjo, 2009</i>).....	96
Tabel 4. 3 SNI 2052 2014 Tabel 5 - sifat mekanis.....	102

Tabel 6. 1 Rekapitulasi kebutuhan penulangan balok dermaga.....	142
Tabel 6. 2 Contoh hasil output SAP2000 untuk penulangan balok.....	143
Tabel 6. 3 Rekapitulasi Penulangan balok dermaga	146
Tabel 6. 4 Rekapitulasi penulangan pelat	154
Tabel 6. 5 Kontrol saat pengangkatan pelat pracetak	167
Tabel 6. 6 Kontrol saat penumpukan pelat pracetak.....	168
Tabel 6. 7 Kontrol saat pemasangan pelat pracetak.....	168
Tabel 6. 8 Kontrol saat pengecoran pelat pracetak	169
Tabel 6. 9 Tulangan angkat pelat pracetak	169
Tabel 6. 10 Rekapitulasi kebutuhan penulangan balok <i>trestle</i>	171
Tabel 6. 11 Hail output SAP2000 untuk penulangan balok <i>trestle</i>	172
Tabel 6. 12 Rekapitulasi Penulangan balok <i>trestle</i>	174
Tabel 6. 13 Nilai SPT data tanah BHL-5	179
Tabel 6. 14 Perhitungan spring pada data tanah BHL-5 ...	181
Tabel 6. 15 Daya dukung pondasi data tanah BHL-5	184
Tabel 6. 16 Rekapitulasi penulangan pile cap.....	192
Tabel 6. 17 Perhitungan berat dan momen pada abutmen ..	203
Tabel 6. 18 Perhitungan berat dan momen akibat tekanan tanah	204
Tabel 6. 19 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 1	208
Tabel 6. 20 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 2	209
Tabel 6. 21 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 3	209
Tabel 6. 22 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 4	210

Tabel 6. 23 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 5.....	210
Tabel 6. 24 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 1	211
Tabel 6. 25 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 2	211
Tabel 6. 26 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 3	212
Tabel 6. 27 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 4	212
Tabel 6. 28 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 5	212
Tabel 6. 29 Nilai SPT data tanah BHL-1	214
Tabel 6. 30 Perhitungan spring data tanah BHL-1	216
Tabel 6. 31 Daya dukung pondasi data tanah BHL-1	219
Tabel 6. 32 Gaya dan momen akibat tekanan tanah.....	224
Tabel 6. 33 Perhitungan momen akibat gempa	225
Tabel 6. 34 Perhitungan nilai Vu dan Mu pada back wall	225
Tabel 6. 35 Perhitungan berat breast wall	228
Tabel 6. 36 Momen akibat tekanan tanah	228
Tabel 6. 37 Perhitungan Vu dan Mu akibat gempa.....	229
Tabel 6. 38 Rekapitulasi beban ultimate breast wall.....	229
Tabel 6. 39 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 1	229
Tabel 6. 40 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 2	230
Tabel 6. 41 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 3	230
Tabel 6. 42 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 4	230
Tabel 6. 43 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 5	230
Tabel 6. 44 Rekapitulasi beban ultimate breast wall.....	231
Tabel 6. 45 Rekapitulasi penulangan abutmen dan pile cap trestle	244

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan Semen Kupang berada di Kupang, Nusa Tenggara Timur merupakan dermaga yang digunakan untuk pengoperasian muatan curah kering. Dimana penambahan alat berat yang beroperasi di atas dermaga membuat pemindahan maupun pengoperasian muatan curah kering berjalan dengan baik. Serta kebutuhan yang diinginkan, dermaga ini didesain untuk kapasitas 2 kapal dengan perbedaan kapasitas berat kapal yang berbeda yaitu kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.

Dermaga ini direncanakan dengan Struktur Pemikul Momen Khusus, faktor modifikasi respon (R) dan dikarenakan dermaga ini berlokasi pada daerah dengan intensitas gempa tinggi, mengacu pada peraturan SNI 2833-2016 (Perancangan Jembatan terhadap beban gempa). Serta digunakan pembebanan pada SNI 1725-2016 (Pembebanan untuk Jembatan).

Elemen struktur dermaga digunakan metode beton pracetak yang dilaksanakan pada pekerjaan balok, pelat dan *pile cap*. Pemilihan metode beton pracetak dinilai lebih cepat dalam konstruksi serta mutu yang terkendali dan digunakan pada struktur yang berbentuk tipikal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan rumusan masalah yang diantaranya :

1. Bagaimana analisa struktur pada dermaga Semen Kupang dengan kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT terhadap beban-beban yang terjadi.
2. Bagaimana perancangan dengan metode beton pracetak pada struktur balok, pelat dan *pile cap* untuk dermaga dengan kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.
3. Bagaimana menggambarkan hasil dari perancangan dermaga Semen Kupang untuk kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.
4. Bagaimana metode pelaksanaan dalam perancangan dermaga Semen Kupang untuk kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini :

1. Perancangan dermaga Semen Kupang meliputi struktur dermaga dan *trestle* pada bangunan atas maupun bawah.
2. Untuk Tugas Akhir ini tidak meninjau Rencana Anggaran Biaya tetapi dilengkapi dengan Metode Pelaksanaan Beton Pracetak pada bangunan atas.
3. Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder, termasuk data alat.
4. Pada Tugas Akhir ini tidak meninjau operasional Pelabuhan serta untuk kapal yang akan

beroperasional adalah jenis kapal curah kering bukan dalam bentuk potongan.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan yang diperoleh pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui analisa struktur pada dermaga Semen Kupang dengan kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT terhadap beban-beban yang terjadi.
2. Untuk mengetahui perancangan dengan metode beton pracetak pada struktur balok, pelat dan *pile cap* untuk dermaga dengan kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.
3. Untuk menggambarkan hasil dari perancangan dermaga Semen Kupang untuk kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.
4. Untuk mengetahui metode pelaksanaan perancangan dermaga Semen Kupang untuk kapasitas kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Tugas Akhir perancangan Dermaga Semen Kupang menjadikan salah satu syarat kelulusan bagi penulis.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari.
3. Memberikan gambaran dalam perancangan dermaga Semen Kupang kepada pembaca.

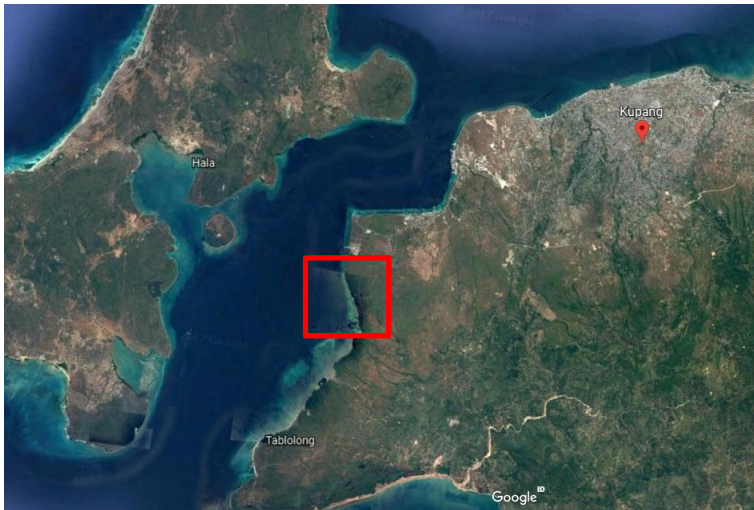
4. Menjadi referensi bagi mahasiswa, pemerintah atau instansi lain yang akan melaksanakan perancangan yang serupa.

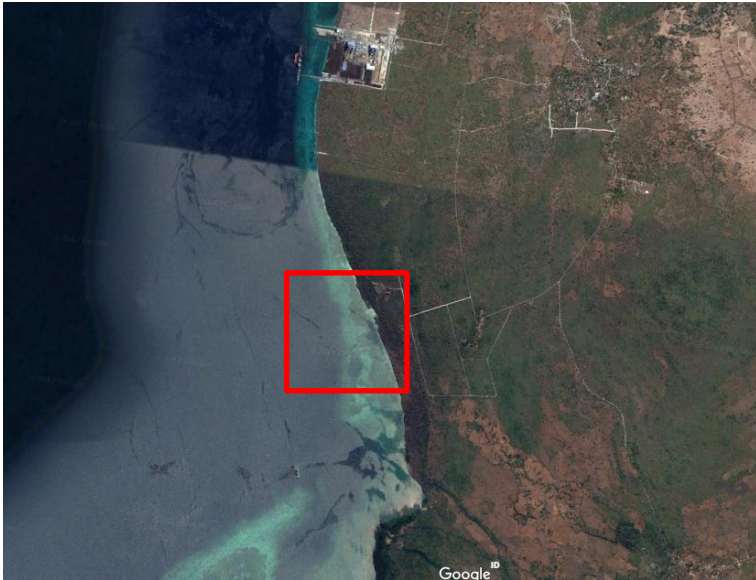
1.6 Lokasi

Dermaga Semen Kupang berada pada Kuanheun, Kupang Barat, Kupang, Nusa Tenggara Timur. Lokasi dermaga jika ditinjau melalui *Google Maps* sekitar 22 km dari ibukota Kupang.

Wilayah perairan untuk dermaga semen kupang dilindungi oleh pulau semau dari perairan lepas.

Berikut adalah lokasi dermaga semen kupang :



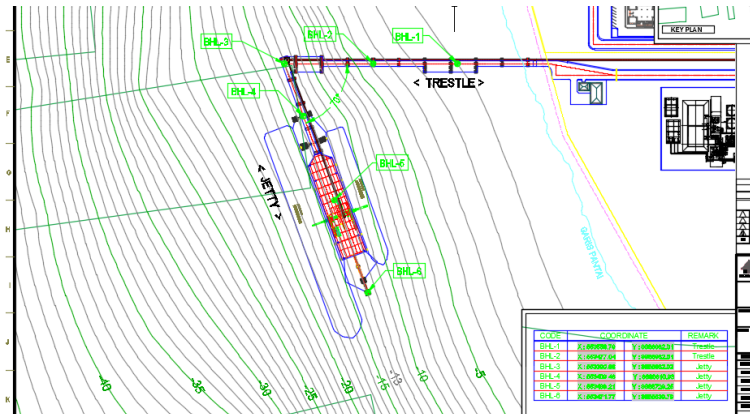


Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan (sumber : Google earth.com)

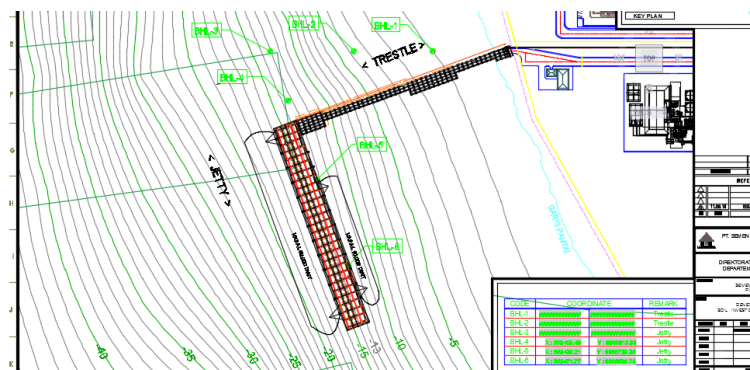
1.7 Kondisi Eksisting dan Rencana Desain

Pada Kondisi eksisting, dermaga berukuran panjang 105 m dan lebar 11,8 m dengan penambahan *dolphin* untuk *mooring* kapal, dan pada *trestle* berukuran panjang 245 m dan lebar 5 m dengan terdapat lebar 15 m untuk pergantian truk saat berpapasan dan 1,2 m untuk pejalan kaki. Untuk mengoptimalkan pergerakan *Crane* maka dermaga didesain berukuran panjang 222 m sesuai panjang kapal dengan kapasitas terbesar 50.000 DWT yang akan bertambat pada pelabuhan tersebut dan lebar 25 m untuk pengoperasian crane supaya lebar crane cukup dalam melakukan operasional. Supaya kapal yang bertambat kedalamannya cukup, maka *trestle* didesain berukuran panjang 230 m yang

ukurannya lebih pendek daripada kondisi eksisting dan lebar dibuat sama seperti kondisi eksisting agar tidak terlalu lebar dalam akses truk.



Gambar 1. 2 Kondisi Eksisting (sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk)



Gambar 1. 3 Rencana desain

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam perencanaan diperlukan data maupun teori yang mendukung untuk menyelesaikan perencanaan tersebut. Dermaga yang direncanakan adalah dermaga tipe *Jetty* yang digunakan untuk melayani muatan curah kering / *dry bulk* untuk kapal yang berbeda kapasitasnya yaitu pada kapal 10.000 DWT dengan *draft* 7,9 m dan kapal 50.000 DWT dengan *draft* 11,7 m. Dermaga ini adalah salah satu dermaga yang akan digunakan untuk mengoptimalkan operasional Pelabuhan Semen Kupang.

2.2 Dasar-dasar perancangan

Dasar teori yang digunakan dalam perencanaan dermaga secara umum dari buku maupun peraturan-peraturan yang terdapat di bawah ini, yaitu :

- a. *Standart Design Criteria for Port in Indonesia*, (Maritime Sector Development programme Directorate General of Sea Communications, 1994), 1994.
- b. *Rubber fender*, kossan Rubber Industries Berhad, 2007.

- c. *Marine Fender Design Manual*, Bridgestone.
- d. SNI 03 – 2847 – 2002, Tata Cara perlindungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
- e. SNI 2847 – 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- f. SNI 2833 – 2016, Perancangan Jembatan untuk beban gempa.
- g. *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002).
- h. RSNI T – 12 – 2004, Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.
- i. RSNI T – 02 – 2005, Standar Pembebanan untuk Jembatan.
- j. SNI 1725-2016, Pembebanan untuk Jembatan.
- k. Teknik Pondasi, Sosrodarsono, Ir. Suyono, Kazuto Nakazawa. 2000
- l. *Port of Long Beach Wharf Design criteria*, POLB WDC Version 3.0.

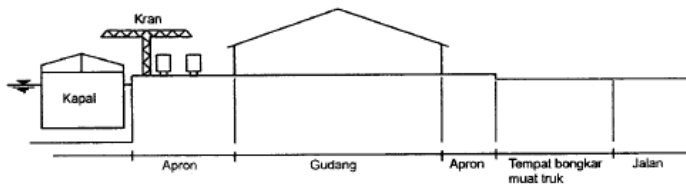
Berikut ini adalah teori – teori yang berkaitan dengan perencanaan Dermaga Semen Kupang.

2.3 Dermaga

2.3.1 Pengertian Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi

dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar.



Gambar 2. 1 Tampang Dermaga (Triatmodjo: 2009)

2.3.2 Tipe Dermaga

Dari layout pelabuhan, bentuk dermaga dapat dibagi menjadi :

a. *Wharf*

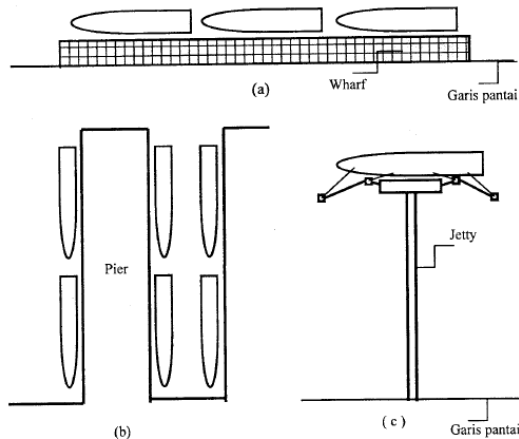
Dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada di belakangnya.

b. *Pier*

Dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbentuk jari). Berbeda dengan *wharf* yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, *pier* bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal.

c. Jetty

Dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depan berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Jetty digunakan untuk merapat kapak tanker atau kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka jetty ini biasanya sejajar dengan garis pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan jetty.



Gambar 2. 2 Dermaga tipe a) wharf, b) pier, c) jetty (Triatmodjo, 2009)

2.4 Perencanaan Dimensi Dermaga

2.4.1 Panjang Dermaga

Panjang dermaga untuk satu tambatan, yaitu sama dengan panjang kapal terbesar yang menggunakan dermaga ditambah masing-masing

10% kali panjang kapal di ujung hulu dan buritan kapal. Untuk itu dihitung panjang kapal rerata yang berlabuh di pelabuhan. Panjang dermaga yang digunakan untuk merapat beberapa kapal didasarkan pada panjang kapal rerata. IMO (*International Maritime Organization*) memberikan persamaan untuk menentukan panjang dermaga, seperti diberikan oleh bentuk berikut ini.

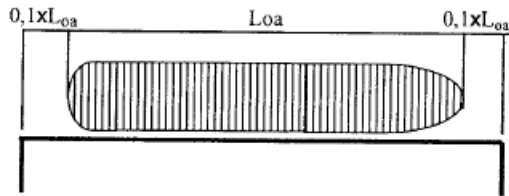
$$L_p = nL_{oa} + (n + 1) \times 10\% \times L_{oa} \quad (1)$$

Dengan :

L_p : panjang dermaga

L_{oa} : panjang kapal yang ditambat

n : jumlah kapal yang ditambat



Gambar 2. 3 Perencanaan panjang dermaga (Triatmodjo, 2009)

2.4.2 Lebar Dermaga

Fasilitas di dermaga seperti apron, gudang dan jalan. Lebar apron tergantung pada alat bongkar muat (*crane*) yang digunakan, jumlah jalur kereta api dan truk. (Triatmodjo, Bambang : 2009).

2.4.3 Elevasi Apron / Lantai Dermaga

Tinggi deck/lantai dermaga disesuaikan dengan kondisi muka air rencana dan pasang surut

daerah setempat ditambah dengan angka kebebasan agar tidak terjadi limpasan (*overtopping*) pada saat terjadi gelombang. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*, tabel 7.2. elevasi lantai dermaga ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Elevasi lantai dermaga di atas HWS (*sumber: Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*)

	Pasang surut terbesar 3 m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 2,0 m
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

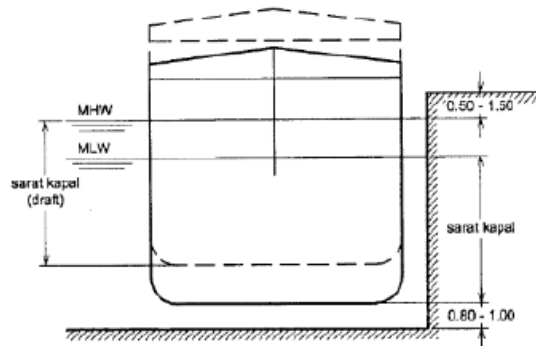
Berdasarkan ketentuan tabel tersebut, kedalaman air rencana yang dibutuhkan dalam menentukan elevasi apron dihitung dengan rumus dari *Standart Design Criteria for Port in Indonesia, 1984*:

$$(1,05 - 1,15) \times \text{Full Load Draft} \quad (2)$$

2.4.4 Kedalaman Dermaga

Dalam perencanaan kedalaman dermaga hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian *draft* kapal maksimum serta kondisi pasang surut yang di aplikasikan pada data *bathymetry* yang ada ditambah

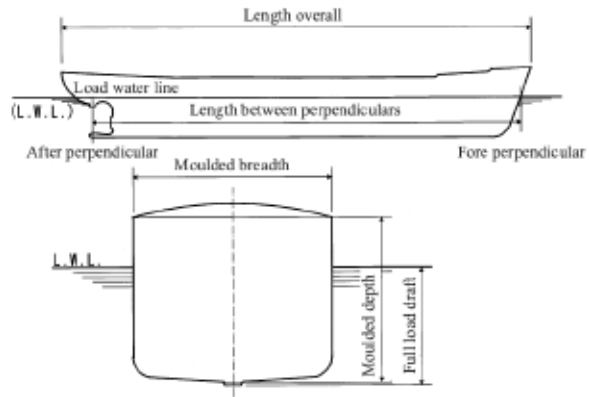
dengan jarak aman. Jarak aman dalam perencanaan dermaga (*clearance*) sebesar 0,8 – 1 m dibawah luas kapal. Jarak ini ditentukan berdasarkan ketentuan operasional pelabuhan (panambatan kapal dengan/tanpa kapal tunda) dan kontruksi dermaga. Sedangkan untuk taraf dermaga ditentukan antara 0,5 – 1,5 m di atas MHWS sesuai dengan besar ukuran kapal.



Gambar 2. 4 Perencanaan kedalaman dermaga (Soedjono : 2002)

2.5 Karakteristik Kapal

Dalam merencanakan dimensi dermaga, diperlukan data kapal yang akan bersandar pada dermaga untuk mengetahui dimensi-dimensi utama kapal. Kapasitas kapal tidak boleh melebihi kapasitas rencana dermaga.



Gambar 2. 5 Keterangan dimensi kapal (*Bridgestone Marine fender Design manual*)

Dimensi kapal yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada *Bridgestone Marine Fender Design Manual* seperti yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Karakteristik kapal Ore carrier (*sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone*)

Ore carrier										
Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.8	1.8	2.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.1	4.7	8.4
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.2	7.2	12.8
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.2	9.5	16.7
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.3	14.2	25.2
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.4	16.7	29.5
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.7	21.8	38.6
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	12.0	27.0	47.9
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.3	32.2	57.1
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.7	42.1	74.9
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.2	52.2	93.0
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.7	62.3	110.8
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.2	72.5	128.6
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.5	82.1	145.9
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.2	101.7	180.8
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,795	261,795	66.8	150.3	267.2
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.0	200.3	356.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.5	255.4	454.0

2.6 Perencanaan Pembebanan Dermaga

Beban – beban yang bekerja pada dermaga dibagi menjadi dua jenis yaitu beban horizontal dan beban vertikal. Sedangkan beban vertikal terdiri dari :

- Berat mati
- Beban hidup

2.6.1 Beban Horizontal

Untuk beban arah horizontal terdiri dari :

- Berthing Force* atau gaya sandar
- Mooring Force* atau gaya tambat
- Beban Arus

d. Beban Gempa

2.6.1.1 *Berthing Force*

Gaya benturan kapal yang terjadi pada dermaga harus dapat ditahan oleh sistem *fender* yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan tersebut dapat dihitung dengan persamaan dari *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002).

$$E_f = \frac{M_s V^2}{2} C_e C_m C_s C_c \quad (3)$$

Dimana :

E_f : energi banturan kapal (ton meter)

M_s : berat kapal (ton)

V : kecepatan tambat kapal (m/d)

C_e : koefisien eksentrisitas

C_m : koefisien massa

C_s : koefisien kekerasan (diambil 1)

C_c : koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Kecepatan tambat kapal pada dermaga dipertimbangkan sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Kecepatan tambat rencana (*sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone*)

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan aktual (m/s)	Kecepatan rencana (m/s)
Kurang dari 10.000 ton	0,1 – 0,3	0,20
10.000 ton – 50.000 ton	0,1 – 0,2	0,15
Lebih dari 50.000 ton	0,1 – 0,15	0,15

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_e = \frac{1}{1+(l/r)^2} \quad (4)$$

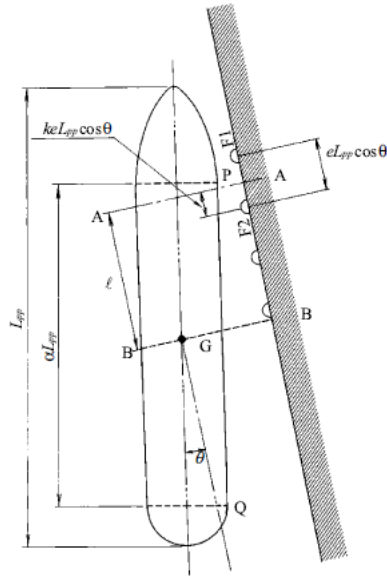
Dimana :

l : jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal seperti terlihat dalam gambar.

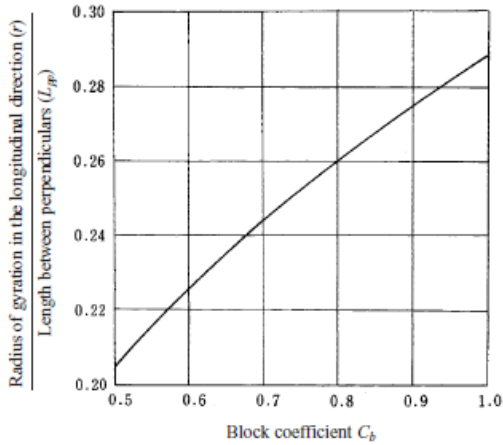
r : jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air dan diberikan oleh gambar

Jari-jari girasi r relatif terhadap L_{pp} adalah fungsi dari koefisien blok kapal dan dapat terjadi diperoleh dari Gambar 2.7. Sebagai alternatif, seseorang dapat menggunakan pendekatan linier yang ditunjukkan pada persamaan.

$$r = (0,19 C_b + 0,11) L_{pp} \quad (5)$$



Gambar 2. 6 Tambatan kapal
(sumber : *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002))



Gambar 2. 7 Hubungan antara jari-jari sekitar jarak vertikal kapal dengan koefisien blok (Myers, 1969)⁷

$$L_2 = 0,5\alpha + e(1 - k)L_{pp} \quad (6)$$

$$L_1 = (0,5\alpha - ek)L_{pp}\cos\theta \quad (7)$$

Dimana :

L_1 : jarak dari titik kontak berat kapal yang diukur sejajar pada fasiliotas tambatan ketika kapal menyentuk *fender* F1.

L_2 : jarak dari titik kontak berat kapal yang diukur sejajar pada fasiliotas tambatan ketika kapal menyentuk *fender* F1.

θ : sudut tambatan (nilai θ pada kondisi desain, biasanya $0 - 10^0$)

- e : rasio jarak antara fender yang diukur dari jarak panjang kapal ke panjang antara tegak lurus
- α : rasio panjang sisi sejajar kapal pada puncak titik kontak dengan fender panjang antara tegak lurus, ini bervariasi sesuai dengan faktor seperti jenis kapal, dan koefisien bloknya dll, tapi umumnya di \ kisaran $1/3 - 1/2$.
- k : *parameter that represents the relative location of the point where the vessel comes closest to the mooring facilities between the fenders $F1$ and $F2$; k varies between 0 and 1, but it is generally taken at $k=0.5$.*

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \frac{d}{B} \quad (8)$$

$$C_b = \frac{\bar{V}}{L_{pp}Bd} \quad (9)$$

Dimana :

- C_b : koefisien blok kapal
- \bar{V} : volume air pada berat kapal (m^3)
- L_{pp} : panjang garis air (m)
- B : lebar kapal (m)

d : draft kapal (m)

2.6.1.2 Mooring Force

Gaya tambat kapal akibat pengaruh gaya angin dan arus dihitung berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002). Nilai gaya tambat yang bekerja pada bollard ditentukan dari besarnya beban yang bekerja akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

- Beban Akibat Angin (R)

Angin yang berhenbus dan menabrak badan kapal akan menyebabkan beban berupa gaya tarikan atau benturan pada dermaga yang disalurkan melalui fasilitas tambat (*bollard/mooring*). Berikut adalah persamaan yang dipakai untuk menghitung beban akibat angin menurut *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002).

1. Gaya Longitudinal apabila angin datang dari arah depan kapal

$$R_X = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_T C_X \quad (10)$$

2. Gaya Longitudinal apabila angin datang dari arah samping kapal

$$R_Y = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L C_Y \quad (11)$$

Dimana :

R_X = gaya akibat angin (kN)

R_Y = gaya akibat angin (kN)

C_X = koefisien drag pada sumbu X (arah depan kapal)

C_Y = koefisien drag pada sumbu Y (arah samping kapal)

U = kecepatan angin (m/s)

ρ_a = berat jenis udara ($1,23 \times 10^{-3} \text{ t/m}^3$)

A_T = luasan diatas air pada proyeksi depan (m^2)

A_L = luasan diatas air pada proyeksi samping (m^2)

- **Beban Akibat Arus**

Besar gaya akibat arus dapat dihitung berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002) dengan persamaan berikut:

a. Arah arus menuju haluan kapal

$$R_f = 0,0014SV^2 \quad (12)$$

Dimana :

R_f : gaya akibat arus (kN)

S : luas penampang kapal yang terendam air (m^2)

V : kecepatan arus (m/s)

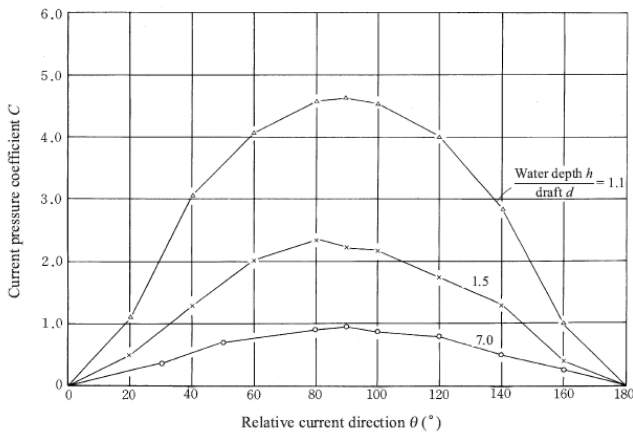
b. Arah arus menuju sisi kapal

$$R = 0,5\rho_0CV^2B \quad (13)$$

Dimana :

R : gaya akibat arus (kN)

- ρ_o : berat jenis air laut ($1,03 \text{ t/m}^3$)
 C : koefisien tekanan arus
 V : kecepatan arus (m/s)
 B : luas penampang sisi kapal yang terendam air (m^2)



Gambar 2. 8 Koefisien tekanan arus (sumber : *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002))

2.6.1.3 Beban akibat arus

Beban yang dihitung akibat perilaku arus terhadap tiang terdiri dari gaya seret dan gaya angkat. Perhitungan beban arus berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (2002), chapter 7.2.

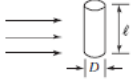
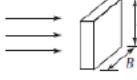
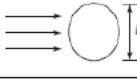
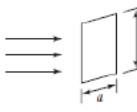

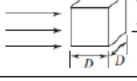
$$F_D = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2 \quad (14)$$

Keterangan :

F_D : gaya drag akibat arus (kN)

- FL : gaya angkat akibat arus (kN)
 CD : koefisien drag
 CL : koefisien lift
 P : berat jenis air laut (1,03 t/m³)
 A : luas penampang sejajar arus (m²)
 A_L : luas penampang tegak lurus arus (m²)
 U : kecepatan arus (m/s)

Tabel 2. 4 Koefisien drag (*sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan (2002)*)

Shape	Projected area	Drag coefficient
Circular cylinder (rough surface) 	$D \ell$	$1.0 (\ell > D)$
Rectangular prism 	$B \ell$	$2.0 (\ell > B)$
Circular disc 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Flat plate 	$a b$	$a/b = 1 \rightarrow 1.12$ $a/b = 2 \rightarrow 1.15$ $a/b = 4 \rightarrow 1.19$ $a/b = 10 \rightarrow 1.29$ $a/b = 18 \rightarrow 1.40$ $a/b = \infty \rightarrow 2.01$
Sphere 	$\frac{\pi}{4} D^2$	$0.5 \sim 0.2$
Cube 	D^2	$1.3 \sim 1.6$

2.6.1.4 Beban Gempa

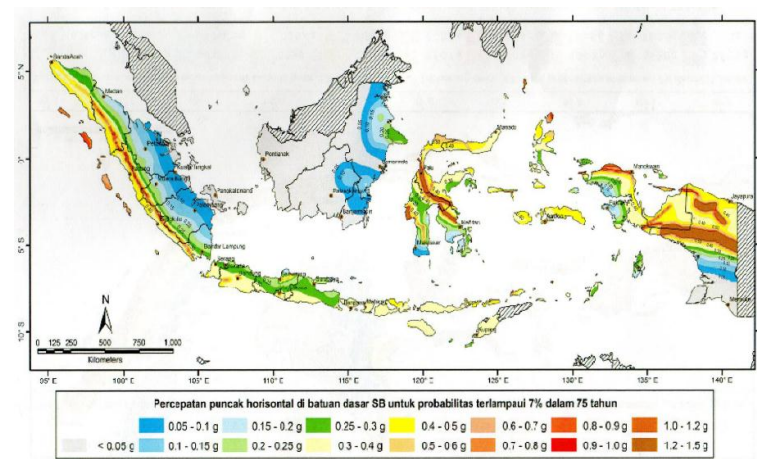
Dermaga harus direncanakan kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalensi yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \cdot W_t \quad (15)$$

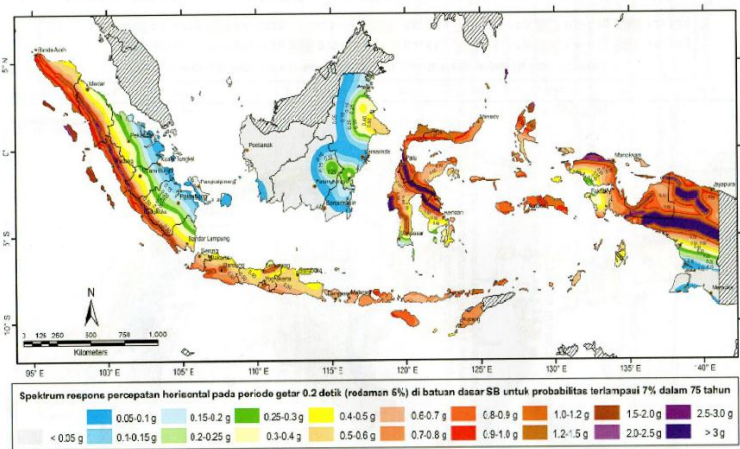
Dengan :

- E_Q : gaya gempa horizontal statis (kN)
- C_{sm} : koefisien respon gempa statik pada moda getar ke – m
- R : faktor modifikasi respon
- W_t : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

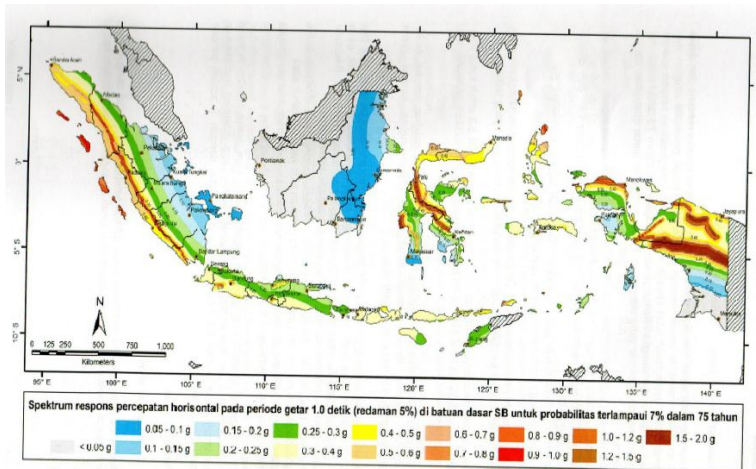
Koefisien respon elastik C_{sm} dapat diperoleh dari percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai gambar yang ada pada peraturan SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa sebagai berikut :



Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (*sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa*)



Gambar 2. 10 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (*sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa*)



Gambar 2. 11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (*sumber : SNI 2833-2016 Perancangan Jembatan untuk beban gempa*)

a. Respon spektrum rencana

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (PGA , S_s dan S_1), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_a , dan F_v . Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (16)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (17)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (18)$$

Keterangan :

A_s : koefisien perpepatan puncak muka tanah (g)

F_{PGA} : faktor amplifikasi terkait percepatan

- yang mewakili getaran periode 0 detik
- F_a : faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,2 detik
- PGA : percepatan puncak batuan mengacu pada peta gempa Indonesia 2010
- S_s : lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik
- S_1 : parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik
- S_{D1} : spektra permukaan tanah pada periode 1 detik

b. Koefisien respon gempa elastik

Koefisien respon gempa elastik ditentukan berdasarkan 3 (tiga) kondisi, yaitu :

1. Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (19)$$

2. Untuk periode lebih kecil atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , maka nilai koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) adalah sama dengan S_{DS}
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \quad (20)$$

Setelah nilai koefisien gempa elastik diperoleh, langkah selanjutnya ialah menemukan nilai faktor modifikasi respon (R). Berdasarkan RSNi 2833 201X pasal 5.9.3.2 nilai faktor modifikasi respon untuk gaya gempa yang dimodifikasi diambil sama dengan 1.

2.6.2 Beban Vertikal

2.6.2.1 Beban Mati Merata

Berikut adalah berat jenis material konstruksi pada struktur dermaga sebagai beban mati pada struktur :

- Beton bertulang = 2.400 kg/m³
- Beton basah = 2.500 kg/m³
- Baja = 7.850 kg/m³

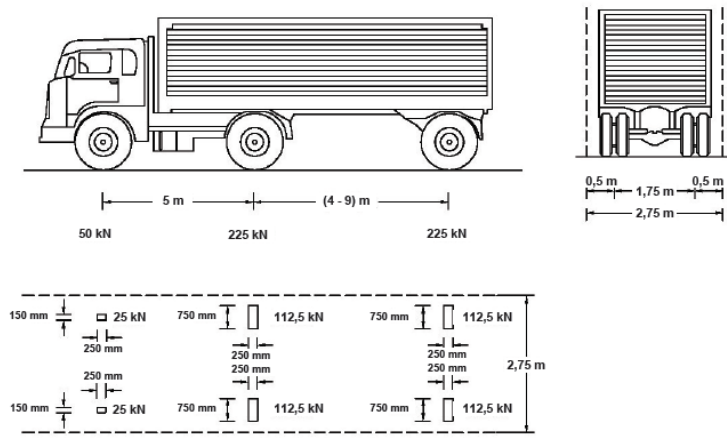
2.6.2.2 Beban Hidup Terpusat

Beban hidup terpusat merupakan beban yang bekerja pada lantai dermaga akibat alat dan fasilitas bongkar muat yang terdiri dari :

a. Beban Truk

Beban truk *T* berdasarkan SNI 1725-2016 *Pembebanan untuk Jembatan*, pasal 8.4.1 adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan semitrailer yang mempunyai

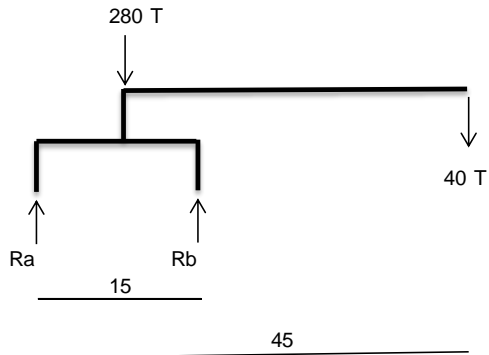
susunan dan berat gandar seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 12 Pembebanan truk "T" (500 kN) (*sumber : SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan*)

b. Beban Crane

Beban Crane yang bekerja adalah beban terpusat tiap roda. Besarnya beban crane per roda dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan momen sederhana dengan mempertimbangkan kondisi paling kritis dari tiap kondisi crane terutama saat kondisi pengangkatan.



sisi darat		$\Sigma Mb = 0$
$Ra \times 15 + 40 \times 37,5 - 280 \times 7,5 = 0$		
	$Ra =$	40 Ton
	Beban per roda crane	5 Ton
sisi laut		$\Sigma Ma = 0$
$- Rb \times 15 + 40 \times 52,5 + 280 \times 7,5 = 0$		
	$Rb =$	280 Ton
	Beban per roda crane	35 Ton

Dari brosur didapat berat crane saat kondisi diam atau tidak beroperasi beban tiap roda adalah 32 Ton. pada saat kondisi bermuatan atau memuat dengan muatan 40 Ton pada sisi laut untuk roda crane memiliki beban 35 Ton dan pada sisi darat untuk roda crane memiliki beban 5 Ton.



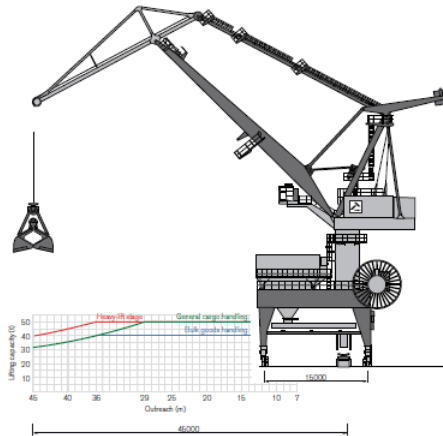
LIFTING CAPACITIES: TUKAN KANGAROO 1500 WITH 45 M OUTREACH.

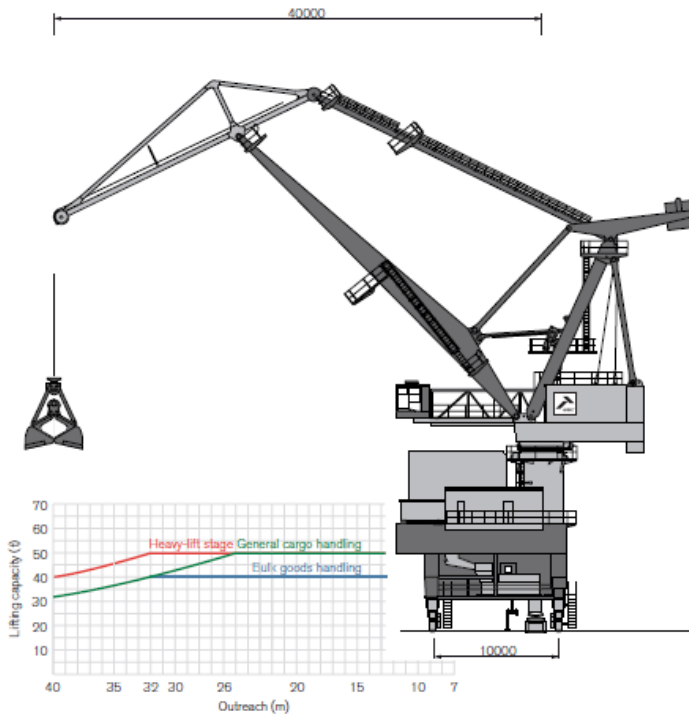
AVERAGE PERFORMANCE WITH 32 T GRAB HOISTING GEAR

→ 1000 t/h for coal of density = 1.0 t/m^3

WORKING SPEEDS

- Lifting with full grab: 90 m/min
- Lifting with empty grab: 120 m/min
- Luffing with full grab: 75 m/min
- Luffing with empty grab: 90 m/min
- Slowing: 0.8 rpm to 1.2 rpm
- Crane travel speed: 20 m/min





Gambar 2. 13 Tukan Kangaroo 1500-40 (*sumber : Tukan Kangaroo, Ardel*)

2.7 Perencanaan Fender

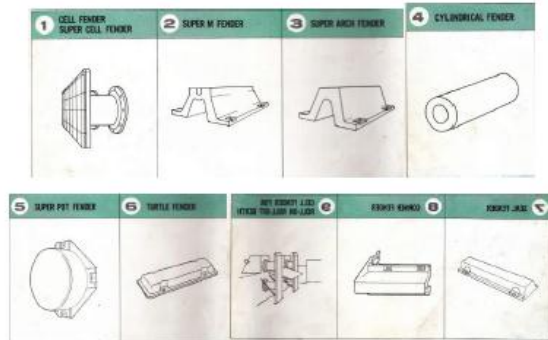
Perencanaan sistem fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedang sisanya diserap oleh struktur dermaga. Struktur dermaga yang sangat kaku dianggap tidak menyerap energi benturan, sehingga energi ditahan

oleh sistem fender. Prosedur perencanaan fender diberikan berikut ini. (Triatmodjo, Bambang : 2009).

- a. Menentukan energi benturan kapal, yang didasarkan pada kapal terbesar yang merapat di dermaga.
- b. Menentukan energi yang dapat diserap oleh dermaga. Energi tersebut sama dengan setengah gaya reaksi fender (F) dikalikan defleksinya (d), $E = Fd/2$.
- c. Energi yang akan diserap oleh fender adalah energi yang ditimbulkan oleh benturan kapal dikurangi energi yang diserap dermaga.
- d. Pilih fender yang mampu menyerap energi yang sudah dihitung di atas berdasar karakteristik fender yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya.

2.7.1 Tipe-tipe Fender

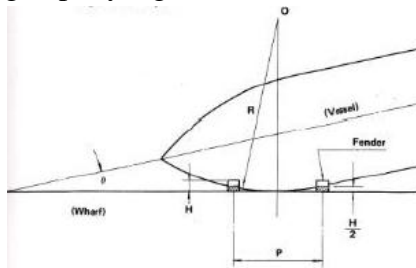
Menurut *Marine Fender Design Manual*, *Bridgestone* terdapat kurang lebih tipe fender seperti yang tertera pada gambar berikut :



Gambar 2. 14 Tipe-tipe Fender (*sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone*)

2.7.2 Jarak Fender

Menurut *Marine Fender Design Manual, Bridgestone* jarak fender secara horizontal harus direncanakan agar dermaga tidak tertabrak oleh lambung kapal yang berbentuk kurva.



Gambar 2. 15 Posisi fender secara horizontal (*sumber : Marine Fender Design Manual, Bridgestone*)

Jarak tersebut dapat direncanakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \sqrt{4HR - H^2} \quad (21)$$

Sedangkan menurut *Technical Standart and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, jarak maksimum antar fender dapat ditntukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = 2 \sqrt{R^2 - (R - H)^2} \quad (22)$$

Dimana :

- P : Jarak fender
 H : Ketinggian fender
 R : Jari jari kurva lambung kapal

2.8 Perencanaan *Bollard*

Penentuan kapasitas *bollard* didasarkan pada analisa gayaambat yaitu gaya-gaya horizontal dan vertikal yang disebabkan oleh angin dan arus. Sedangkan gaya-gaya yang bekerja pada *bollard* merupakan resultan dari kedua gaya angin dan arus yang dimodelkan dalam gaya - gaya arah transversal dan longitudinal.

$$R_r = \sqrt{R_w^2 + R_f^2} \quad (23)$$

Keterangan :

- R_r : Resultan gaya angin dan arus
 R_w : Gaya akibat angin
 R_f : Gaya akibat arus

Jumlah tambatan tali minimal pada *bollard* harus dihitung pula dengan persamaan :

$$n = \frac{R_r}{\text{Kapasitas Bollard rencana}} \quad (24)$$

2.8.1 Kapasitas *Bollard*

Kapasitas bollard yang digunakan berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Indonesia :1984* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 5 Kapasitas *Bollard* (sumber : *Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984*)

Gross Tonnage (GT) of Ship (ton)	Tractive Force on Bollard (ton)
200 – 500	10
501 – 1.000	15
1.001 – 2.000	15
2.001 – 3.000	25
3.001 – 5.000	25
5.001 – 10.000	35
10.001 – 15.000	50
15.001 – 20.000	50
20.001 – 100.000	70

2.8.2 Penentuan Posisi *Bollard*

Penentuan posisi bollard berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Indonesia :1984* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 6 Penentuan posisi *bollard* (sumber : *Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984*)

Gross Tonnage (GT) of Ship (ton)	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Installation per Berth
- 2.000	10 - 15	4
2.001 – 5.000	20	6
5.001 – 20.000	25	6
20.001 – 50.000	35	8
50.001 – 100.000	45	8

2.9 Perencanaan Struktur Atas

Perencanaan dermaga pada struktur atas terdiri dari pelat lantai dan balok yang mana mampu menerima beban-beban yang ada di atasnya, seperti beban mati terpusat, beban mati merata, beban mati tambahan, beban hidup dan beban hidup berjalan.

2.9.1 Pelat Lantai

Pada lantai dermaga harus direncanakan supaya kuat terhadap momen lentur dengan menghitung tulangan dengan pelat satu arah (*one way slab*) dan mampu terhadap geser pons akibat tekanan roda kendaraan pada pelat lantai.

Standar yang digunakan dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah RSNI T-12-2004

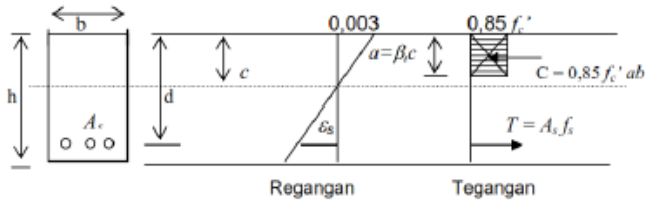
tentang perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan dan standart yang berkaitan dengan perencanaan struktur beton bertulang yaitu SK SNI 03-xxx-2002.

2.9.1.1 Asumsi Perencanaan

Perhitungan kekuatan dari suatu penampang yang terlentur harus memperhitungkan keseimbangan dari tegangan dan kompatibilitas regangan, serta konsisten dengan anggapan :

- Bidang rata yang tegak lurus sumbu tetap rata setelah mengalami lentur.
- Beton tidak diperhitungkan dalam memikul tegangan tarik.
- Distribusi tegangan tekan ditentukan dari hubungan tegangan-regangan beton.
- Regangan batas beton yang tertekan diambil sebesar 0,003.

Walaupun demikian, hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekuivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton = $0,85 f_c'$ terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta I c$ dari tepi tertekan terluar tersebut. (RSNI T – 12 – 2004).



Gambar 2. 16 Regangan dan tegangan pada beton bertulang
(sumber : RSNI T – 12 – 2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan)

Faktor β_1 harus diambil sebesar :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ Mpa}$$

Tetapi β_1 untuk $f'_c > 30$ tidak boleh kurang dari 0,65.

Dimana :

β_1 = faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekivalen beban

f'_c = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

Sedangkan untuk perencanaan kekuatan pada penampang terhadap momen lentur harus berdasarkan kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan.

$$\mu_u = M_n \cdot \phi \quad (25)$$

Dimana :

μ_u : Momen ultimate (N.mm)

M_n : Momen nominal (N.mm)

ϕ : faktor reduksi kekuatan

2.9.1.2 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan (ϕ) diambil berdasarkan RSNI T-12-2004 yaitu dengan nilai-nilai sebagai berikut :

- Lentur : 0,80
- Geser dan torsi : 0,70
- Aksial tekan
 - * Dengan tulangan spiral 0,70
 - * Dengan sengkang biasa 0,65
- Tumpuan beton 0,70

Karena pelat lantai merupakan struktur beton pemikul momen lentur maka diambil $\phi = 0,80$

2.9.1.3 Tebal Minimum Pelat lantai

Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s memenuhi kedua ketentuan (RSNI T – 12 – 2004):

$$t_s \geq 200 \text{ mm} \quad (26)$$

$$t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm} \quad (27)$$

dengan pengertian :

l : bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter).

2.9.1.4 Tulangan Minimum

Tulangan minimum yang harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama sebagai berikut :

- Pelat lantai yang ditumpu kolom

$$\frac{As}{b.d} = \frac{1,25}{fy} \quad (28)$$

- Pelat lantai yang ditumpu balok dan dinding

$$\frac{As}{b.d} = \frac{1,0}{fy} \quad (29)$$

Dengan :

- As : Luas tulangan pelat (m²)
- b : lebar pelat (diasumsikan 1 m'/1000 mm)
- d : tebal efektif pelat (mm)
- fy : kuat tarik baja tulangan (MPa)

2.9.1.5 Penyebaran Tulangan Untuk Pelat Lantai

Tulangan harus dipasang (tulangan bagi) pada bagian bawah dengan arah menyilang terhadap tulangan pokok. Apabila tulangan tegak lurus arah lalu lintas, maka

$$\text{Persentase} = \frac{110}{\sqrt{s}} \quad (30)$$

Maksimum 67% dan minimum 30% dari tulangan pokok

Dengan :

s = bentang pelat diukur dari as ke as tumpuan (m)

2.9.1.6 Koefisien Tahanan Momen

Dalam perencanaan tulangan lentur, perlu dipertimbangkan juga koefisien tahanan atau disebut juga sebagai koefisien kapasitas penampang. Koefisien yang dipakai adalah koefisien nominal (R_n), dimana R_n tidak boleh lebih dari koefisien tahanan momen maksimum R_{maks} . Berdasarkan Modul 03 : Ir. Thamrin Nasution, perhitungan R_n sebagai berikut :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^3} \quad (31)$$

Dengan :

R_n : koefisien tahanan nominal

M_n : momen nominal

b : lebar elemen (m)/untuk pelat lantai
biasa dipakai 1 meter lari

d : tinggi efektif elemen

Sedangkan perhitungan tahanan momen maksimum adalah sebagai berikut :

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (32)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (33)$$

$$R_n \text{ maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) \quad (34)$$

Dengan :

ρ_b : rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang

- β_1 : faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekivalen beban
 f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)
 f_y : tegangan leleh tulangan
 ρ_{maks} : rasio tulangan maksimal
 Rn_{maks} : koefisien tahanan maksimal

2.9.1.7 Rasio Tulangan yang diperlukan

Rasio tulangan yang diperlukan (ρ) dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{0,85.f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{0,85.f_c'}} \right) \quad (35)$$

Dengan :

- ρ : rasio tulangan yang diperlukan
 f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)
 f_y : tegangan leleh tulangan
 Rn : koefisien tahanan nominal

2.9.1.8 Rasio Tulangan minimum

Rasio tulangan yang minimum (ρ_{min}) untuk pelat menurut *Modul 03 : Ir. Thamrin Nasution*, (ρ) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (36)$$

Dengan :

- ρ_{min} : rasio tulangan minimum
 f_y : tegangan leleh tulangan

2.9.1.9 Luas Tulangan yang Diperlukan

Luas tulangan yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (37)$$

Dengan :

- ρ : rasio tulangan yang diperlukan
- b : lebar elemen (m)/untuk pelat lantai
biasa dipakai 1 meter lari
- d : tinggi efektif elemen

2.9.1.10 Jarak Antar Tulangan dan Tulangan Bagi

Perhitungan tulangan bagi adalah sebagai berikut :

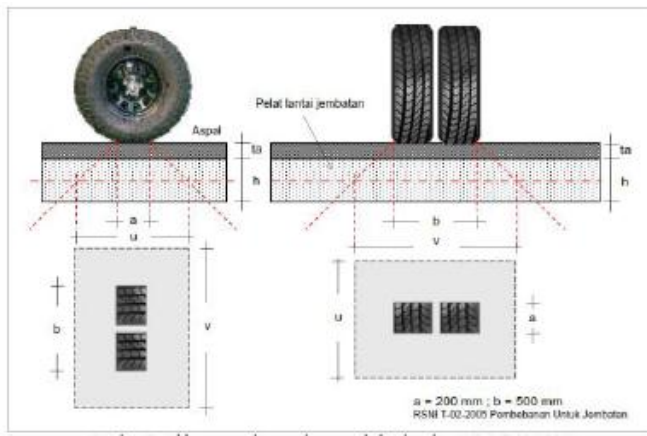
$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s} \quad (38)$$

$$A_{bg} = 50\% \cdot A_s \quad (39)$$

Dimana :

- s : jarak antar tulangan (mm)
- A_{bg} : luas tulangan bagi (mm²)

2.9.1.11 Geser pons



Gambar 2. 17 Bidang penyebaran tekanan roda kendaraan
(sumber : RSNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan)

Kekakuan pelat lantai terhadap geser untuk pelat beton bertulang tanpa tulangan geser, nilai minimum adalah sebeagi berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b' \cdot h \quad (40)$$

Dengan :

- V_c : kekuatan geser pons minimum
- f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)
- b' : lebar roda kendaraan (umumnya dipakai 500 mm)
- h : tinggi pelat lantai

2.9.2 Balok Dermaga

Balok yang dirancang untuk dermaga yang berfungsi memikul momen lentur dan perencanaan balok dermaga menggunakan perencanaan balok pada struktur gedung pada SNI 2847 – 2013.

Balok merupakan komponen struktur utama dalam perencanaan dermaga yang berfungsi memikul momen lentur. Dasar perencanaan balok dermaga sama halnya pada perencanaan balok pada struktur gedung yaitu SNI 2847-2013. Secara umum perhitungan balok hampir sama dengan perhitungan pada struktur pelat satu arah yang telah di sebutkan pada sub-bab sebelumnya.

2.9.2.1 Perencanaan Dimensi

Untuk konstruksi balok, syarat ketinggian dimensi balok berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1 Tabel 9.5(a), berlaku untuk konstruksi yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar. Sedangkan, untuk penentuan lebar balok dapat ditentukan sepertiga sampai duapertiga dari syarat ketinggian balok. Namun, untuk konstruksi dermaga, balok merupakan komponen yang menerima beban vertikal paling besar sehingga perencanaan menggunakan perencanaan gedung ataupun jembatan kurang akurat. Disarankan perhitungan tinggi balok sesuai

dengan perhitungan beban geser yang diterima yaitu :

$$\frac{V_u}{\phi} = V_c + V_s \quad (41)$$

Dengan :

V_u : gaya geser ultimate

V_c : gaya geser beton

V_s : gaya geser tulangan

Jika V_s disini memiliki kekuatan yang sangat kecil dibanding V_c , sehingga dapat diabaikan, sedangkan perhitungan V_c adalah :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (42)$$

Dengan :

V_c : gaya geser beton

$f'c$: kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (MPa)

b : lebar balok (mm)

d : tinggi balok (mm)

Dari persamaan diatas maka dimensi balok dapat ditentukan.

2.9.2.2 Perhitungan Tulangan Longitudinal

Langkah-langkah perhitungan tulangan longitudinal adalah sebagai berikut :

1. Menghitung momen nominal

$$M_u = M_n \cdot \phi \quad (43)$$

Dengan :

M_u : Momen ultimate (N.mm)

M_n : Momen nominal (N.mm)

ϕ : faktor reduksi kekuatan

2. Menentukan garis netral dalam kondisi balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad (44)$$

Dengan :

X_b : garis netral pada kondisi balance (mm)

f_y : kekuatan leleh tulangan (Mpa)

d : tinggi balok (mm)

3. Menentukan garis netral rencana

$$X_r \leq 0,75 X_b \quad (45)$$

Dengan :

X_r : garis netral rencana

X_b : garis netral pada kondisi balance (mm)

Untuk mengurangi lendutan disarankan $X_r = 0,5 \cdot X_b$

4. Menghitung luas tulangan tekan (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X_r}{f_y} \cdot d \quad (46)$$

Dengan :

A_{sc} : luas tulangan tekan

β_1 : faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban

f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

f_y : tegangan leleh tulangan

X_r : garis netral rencana (mm)

d : tinggi balok (mm)

5. Menghitung Momen nominal tekan (M_{nc})

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{2} \right) \quad (47)$$

Dengan :

M_{nc} : Momen nominal tekan

A_{sc} : luas tulangan tekan

β_1 : faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban

f_y : tegangan leleh tulangan

X_r : garis netral rencana (mm)

d : tinggi balok (mm)

6. Menghitung selisih momen

a. Bila $M_n - M_{nc} > 0$, maka perlu tulangan tekan

b. Bila $M_n - M_{nc} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan

7. Menghitung tulangan tekan perlu

$$C'_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (48)$$

8. Kontrol kelelahan tulangan tekan

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x_r}\right) \cdot 0,003 \cdot E_s \geq f_y,$$

maka tulangan tekan leleh

$$f_s' = f_y \quad (49)$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x_r}\right) \cdot 0,003 \cdot E_s < f_y,$$

maka tulangan tekan leleh

$$f_s' = f_s \quad (50)$$

9. Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{c_s'}{f_s' - 0,85 \cdot f_{cr}} \quad (51)$$

$$A_{ss} = \frac{T_z}{f_y} \quad (52)$$

10. Menghitung total tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (53)$$

$$A_s' = A_s \quad (54)$$

2.9.3 Perhitungan Tulangan Geser

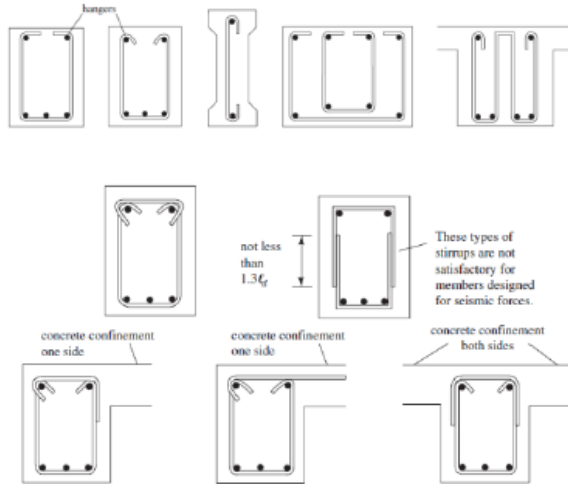
Terdapat empat fungsi tulangan geser antara lain :

1. Meneruskan sebagian gaya geser eksternal
2. Menahan agar betok tidak mengalami retak secara diagonal
3. Memegangi tulangan longitudinal sehingga dapat tersedia kapasitas dowel yang dibutuhkan

4. Membatasi area kompresi pada beton jika sengkang dalam betuk ikatan

tertutup

Berikut adalah bentuk bentuk tulangan geser :



Gambar 2. 18 Tulangan sengkang terbuka (*sumber : ACI 11.5.1*)

Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tulangan geser balok :

a. Kekuatan geser nominal (V_u)

Kekuatan geser nominal (V_u) beton adalah kombinasi dari kekuatan geser dari beton (V_c) dan kekuatan geser dari tulangan (V_s), sehingga :

$$V_u = V_c + V_s \quad (55)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \quad (56)$$

Untuk perhitungan yang akurat maka dapat digunakan persamaan berikut:

$$\rho_w = \frac{A_s}{b \cdot d} \frac{V_u \cdot d}{M_u} \leq 1 \quad (57)$$

Dengan :

V_c : gaya geser beton
 f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

b : lebar balok (mm)

d : tinggi balok (mm)

V_u : gaya geser ultimate

M_u : Momen ultimate

ρ_w : rasio A_s terhadap $b_w \cdot d$

b. Luas tulangan geser minimum ($A_{v \min}$)

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \quad (58)$$

Dengan :

$A_{v \min}$: Luas tulangan geser minimum (mm²)

b_w : lebar balok (mm)

s : jarak sengkang

f_y : tegangan leleh baja (Mpa)

c. Gaya geser izin dari penulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{b_w \cdot d}{3} \quad (59)$$

Dengan :

$V_{s \min}$: gaya geser izin minimal

b_w : lebar balok (mm)
 d : tinggi balok (mm)
 f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

d. Batas-batas kondisi gaya geser

Perencanaan tulangan geser dibagi menjadi beberapa kategori yang masing-masing kategori sesuai dengan gaya geser pada beton. Kondisi atau kategori tersebut antara lain :

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad (60)$$

Yaitu tulangan geser tidak dibutuhkan tetapi tetap dipasang dengan jarak maksimal 250 mm.

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c \quad (61)$$

Yaitu $s_{\max} < d/2$ atau $s_{\max} = 250$ mm, tulangan geser maksimum perlu di cek.

- Kondisi 3

$$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{s \min}) \quad (62)$$

Yaitu $s_{\max} < d/2$ atau $s_{\max} = 250$ mm, tulangan geser maksimum perlu di cek.

- Kondisi 4

$$\phi \cdot (V_c + V_{s \min}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{s \max}) \quad (63)$$

$$1/3 \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$$

Beban geser minimum yang dipikul oleh tulangan $\phi \cdot V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$

$$\text{Luas tulangan geser minimum : } A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

Spasi tulangan geser maksimum : $s_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 250 \text{ mm}$

- Kondisi 5

$$\phi \cdot \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) \leq V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) \quad (64)$$

Beban geser minimum yang dipikul oleh tulangan $\phi \cdot V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$

$$\text{Luas tulangan geser minimum : } A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

- Kondisi 6

$$V_u \geq \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \right) \quad (65)$$

Jika gaya geser pada kondisi ini maka penampang beton harus diperbesar

Dengan :

V_u : gaya geser pada balok

V_c : gaya geser beton

bw : lebar balok (mm)

d : tinggi balok (mm)

$f'c$: kuat tekan beton yang

direncanakan pada umur 28 hari

(Mpa)

2.10 Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bawah dermaga yang terdiri dari perencanaan pile cap dan pondasi dalam, yang mana struktur bawah tersebut adalah struktur yang mengalami gaya horizontal yang paling besar.

2.10.1 Perencanaan *Pile Cap*

2.10.1.1 Perhitungan Tulangan *Pile Cap*

Prosedur yang digunakan dalam perencanaan *pile cap* sama halnya yang digunakan dalam perencanaan pelat lantai.

2.10.1.2 Perhitungan Tulangan *Shear Ring Pile Cap*

Shear ring merupakan alat yang menyatukan beton (*pile cap*) dengan baja (tiang pancang). Adapun langkah - langkah penulangan pada *shear ring* sebagai berikut:

- Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimate dari output SAP2000.
- Menentukan kekuatan beton dalam tiang pancang.

$$P_{\text{beton dalam tiang}} = L_{\text{penampang}} \cdot 0,85 \cdot K R_c \cdot f_c' \quad (66)$$

- Kontrol retak beton

$$V_c = V_u \quad (67)$$

$$V_c > V_u \quad (68)$$

- kontrol kekuatan las

$$\text{Kekuatan las tiap ring} = (K.t).\sigma_e.n \quad (69)$$

Dengan :

n : jumlah shear ring

K : keliling las

t : tebal las

- Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas secara praktis dihitung sebagai berikut :

$$A_p.f_{yp} = A_s.f_{yp} \quad (70)$$

- Panjang penyaluran (Id)

Perhitungan panjang penyaluran sesuai dengan persamaan :

$$L_{sf} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b)\sqrt{f'c}} \geq 25 \cdot k_1 \cdot d_b \quad (71)$$

Dengan :

L_{sf} : panjang penjangkaran baut (mm)

k_1 : 1,0

k_2 : 2,4

A_b : luas penampang baut (mm^2)

d_b : diameter baut (mm)

2a : 2 kali selimut pada batang tulangan

2.10.2 Perencanaan Pondasi

2.10.2.1 Spring Konstan

Spring konstan (k_v) merupakan beban atau reaksi lapisan dibawah permukaan tanah dalam arah mendatar. Dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut yang diambil dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa.

$$E_0 = \left(\frac{N \cdot 28}{10} \right) \quad (72)$$

$$K_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{3/4} \quad (73)$$

$$K_x = K_0 \cdot y^{1/2} \quad (74)$$

$$\text{Spring konstan} = K_x \cdot D \cdot Li \quad (75)$$

Dimana :

K_0 : modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam

K_x : koefisien reaksi tanah dibawah permukaan dalam arah mendatar

y : besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm

E_0 : modulus deformasi tanah pondasi

N : nilai SPT sepanjang 1m

Li : panjang tiang yang dihitung

D : diameter tiang (cm)

2.10.2.2 Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung menggunakan perumusan sebagai berikut yang diambil dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa.

- a. Daya dukung tiang pancang terhadap gaya vertikal

Untuk tanah lunak, perhitungan gaya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut :

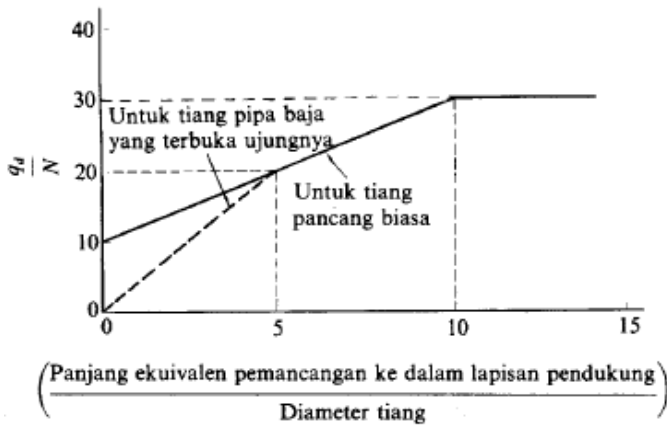
- Daya dukung pada ujung tiang

$$Q_{d.A} \quad (76)$$

Dengan :

$$Q_d = \frac{q_d}{N} \quad (77)$$

Nilai Q_d dapat ditentukan dengan menggunakan diagram berikut:



Gambar 2. 19 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah
(sumber : *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Suyono S, Kazuto Nakazawa)

- Gaya geser maksimum dinding tiang

$$Q_f = U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (78)$$

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_u = Q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \quad (79)$$

Tabel 2. 7 Faktor keamanan (sumber : *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Suyono S, Kazuto Nakazawa)

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser	---	Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

Angka dalam tanda kurung: Bila beban kereta api diperhitungkan

b. Perhitungan daya dukung terhadap gaya horisontal

$$H_a = \frac{4.EI.\beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta \alpha \quad (80)$$

Dengan:

H_a : daya dukung horisontal tiang

E : momen inersia bahan

I : momen inersia penampang

β : $\frac{1}{4} \sqrt{\frac{k.D}{4.EI}}$

k : koefisien reaksi tanah dasar
: $k_o.y^{-0,5}$

k_o : $0,2.E_o.D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm)

y : besar pergeseran yang dicari

E_o : modulus elastisitas tanah

h : tinggi tiang yang muncul di

atas permukaan

δ : pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm):

2.11 Beton Pracetak

2.11.1 Pengertian

Beton Pracetak adalah elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dan posisi akhirnya dalam struktur (SNI 2847 – 2013). Pencetakan dan perawatan (*curing*) dapat dilakukan pada area konstruksi ataupun dapat dibuat di pabrik. Penghematan biaya pengangkutan dapat dilakukan dengan memperpendek jarak *stock yard* dengan lokasi pemasangan.

2.11.2 Keuntungan dan Kerugian

Menurut *PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition*, keuntungan pemilihan beton precast sebagai elemen struktur adalah :

1. Pengerjaan cepat
2. Proses dan mutu saat pembuatan terkontrol
3. Tahan api dan
4. Pengerjaannya tidak tergantung cuaca
5. Penambahan baja prategang akan menambah rasio h/L , mengurangi material, kekuatan dapat dikontrol.

Kekurangan beton pracetak menurut *PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition* sebagai berikut :

1. Beton pracetak merupakan material dengan bentang sederhana
2. Ukuran dan bentuk beton pracetak terbatas

3. Beton merupakan material yang berat

2.11.3 Elemen Pracetak

Beton pracetak yang diproduksi berbagai macam bentuk maupun ukuran yang dapat disesuaikan dengan keperluan, akan tetapi lebih ekonomis apabila menggunakan produk yang secara umum dikembangkan oleh beberapa industri yang ada dan adapun beton pracetak yang dapat dibuat sendiri dengan memberikan *stock yard* dalam pembuatannya.

Elemen – elemen struktur beton pracetak yang biasanya digunakan seperti pelat, balok, kolom maupun tiang pancang. Elemen tersebut dapat berupa beton pracetak keseluruhan atau sebagian dengan sebagian dilakukan *in-situ*.

2.12 Perhitungan Beton Pracetak

2.12.1 Perencanaan tumpuan

- Pembebanan

beban mati

$$qD = \gamma_c \cdot t_{\text{pelat}} \cdot \frac{1}{2} L_x \quad (81)$$

beban hidup

$$qL = P_{\text{pekerja}} \cdot L_x \quad (82)$$

beban ultimate

$$q_u = 1,3qD + 1,8qL \quad (83)$$

gaya geser

$$V_u = 1 \text{ m} \cdot q_u$$

kontrol gaya geser

$$\phi V_u < 1/6 \sqrt{f_c'} b a + V_s \quad (84)$$

Dimana :

- γ_c : berat jenis beton (kg/m^3)
- t_{pelat} : tebal pelat (mm)
- L_x : panjang bentang pendek (mm)
- V_u : gaya geser yang terjadi (N)
- f_c' : mutu beton (MPa)
- b : panjang daerah tumpuan
- a : lebar daerah tumpuan
- V_s : gaya geser tulangan

2.12.2 Kontrol Beton Pracetak

2.12.2.1 Tegangan ijin

Tegangan izin pada beton pracetak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} \quad (85)$$

f_{ci} : kuat tekan beton pada umur tertentu

- $f_{ci} = f_c'$ (pada umur 28 hari)
- $f_{ci} = 0,88 \cdot f_c'$ (pada umur 14 hari)
- $f_{ci} = 0,65 \cdot f_c'$ (pada umur 7 hari)

- $f_{ci} = 0,45 \cdot f_{c'}$ (pada umur 3 hari)

2.12.2.2 Tegangan yang terjadi

Tegangan yang terjadi akibat Momen dari beton pracetak.

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (86)$$

Dimana :

- σ : tegangan yang terjadi
- M : momen yang terjadi
- W : momen tahanan yaitu $\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$

2.12.2.3 Beban-beban yang terjadi

Pembebanan

- beban mati (qD)

berat pelat pracetak = $t_1 \cdot \gamma_c$

berat pelat *insitu* = $t_2 \cdot \gamma_c$

berat pelat (qD) = berat pelat pracetak +
berat pelat insitu

- beban hidup (qL)

beban pekerja = 200 kg

- Beban-beban yang terjadi :

qu saat pengangkatan = 1,3 . berat pelat precetak

qu saat pemasangan = 1,3 . berat pelat precetak

Pu saat pemasangan = 1,8 . beban pekerja

qu saat pengecoran = 1,3 . qD

2.12.2 Kontrol Saat Pengangkatan

Berikut adalah skema rencana titik angkat pada pelat pracetak :

Berat sendiri pracetak :
 q_u saat pengangkatan (kg/m^2)

Momen yang terjadi :

$$M_x = 0,0107 \cdot q_u \cdot a^2 \cdot b$$

$$M_y = 0,0107 \cdot q_u \cdot a \cdot b^2$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_x = M_x / W_x < f_r$$

$$\sigma_y = M_y / W_y < f_r$$

2.12.3 Kontrol Saat Penumpukan

Penumpukan dilakukan dengan 2 tumpuan :

berat pelat per m :

$$q_u = 1,3 (a \cdot t_{\text{pracetak}} \cdot \gamma_c)$$

Momen tahanan :

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t_{\text{pelat}}^2$$

Momen yang terjadi :

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_x = M_x / W_x < fr$$

$$\sigma_y = M_y / W_y < fr$$

2.12.4 Kontrol Saat Pemasangan

Pemasangan dilakukan dengan 2 tumpuan :

berat pelat per m :

$$q_u = 1,3 (a \cdot t_{\text{pracetak}} \cdot \gamma_c)$$

Momen tahanan :

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t_{\text{pelat}}^2$$

Momen yang terjadi :

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_x = M_x / W_x < fr$$

$$\sigma_y = M_y / W_y < fr$$

2.12.5 Kontrol Saat Pengecoran

Pengecoran dilaksanakan dengan 2 tumpuan :

berat pelat per m :

$$q_u = 1,3 (a \cdot t_{\text{pracetak}} + \text{insitu} \cdot \gamma_c)$$

Momen tahanan :

$$W = 1/6 \cdot a \cdot t_{\text{pelat}}^2$$

Momen yang terjadi :

$$M_x = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 + 1/4 \cdot P_u \cdot L$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_x = M_x / W_x < f_r$$

$$\sigma_y = M_y / W_y < f_r$$

2.12.6 Cek Lendutan

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{250} \quad (87)$$

$$w = t_{\text{pelat}} \cdot L_x \cdot \gamma_c \quad (88)$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (89)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 0,5b \cdot t_{\text{pelat}}^3 \quad (90)$$

$$\delta = \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (91)$$

Dimana :

δ_{ijin} : lendutan ijin (cm)

w : berat pelat (kg/cm)

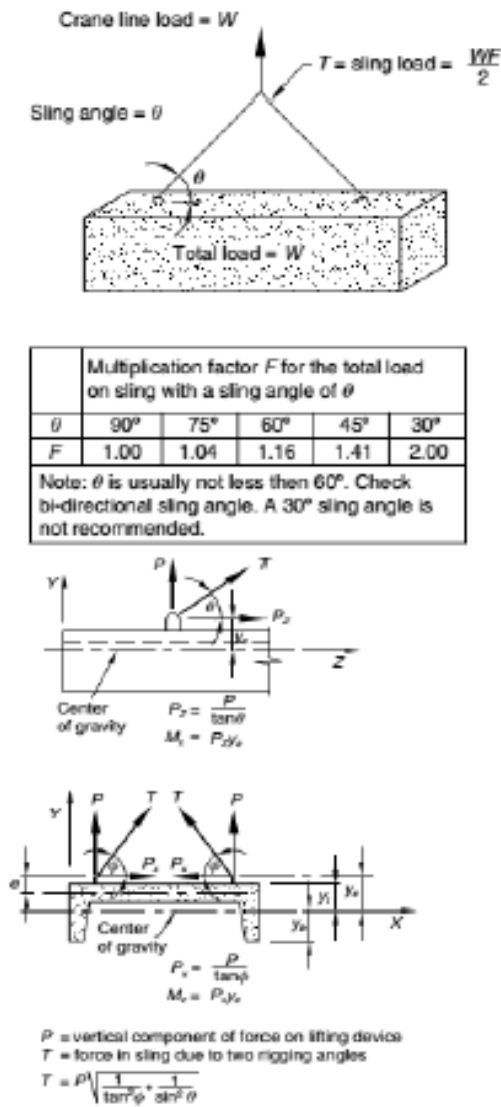
E_c : modulus elastisitas beton

I : momen inersia pada pelat (cm⁴)

δ : lendutan yang terjadi (cm)

2.13 Pengangkatan

Elemen balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 2. 20 Momen akibat posisi titik angkat balok (sumber : PCI Design Handbook 7th Edition)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tinjauan Umum

Metodologi merupakan pembahasan proses keseluruhan yang dilakukan pada perancangan dermaga semen kupang untuk kapal dengan kapasitas 10.000 DWT dan 50.000 DWT di Kupang, Nusa Tenggara Timur dengan metode beton pracetak. Untuk membuat suatu perancangan yang teliti dan bisa diterima, dibutuhkan data – data yang lengkap dan teori yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Semakin kompleks permasalahan yang dihadapi memerlukan ketelitian dan pemahaman yang baik pula.

3.2 Pengumpulan Data dan Literatur

Dalam perencanaan suatu struktur diperlukan data – data yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan. Data – data yang diperlukan dalam perencanaan ini terbagi menjadi dua yaitu data primer dan sekunder antara lain :

3.2.1 Data Pokok


3.2.1.1 Data Bathymetry

Data Bathymetri menunjukkan kontur kedalaman dasar laut yang diukur dari posisi $\pm 0,00$

LWS. Data Bathymetri dalam perencanaan tugas akhir didapatkan dari PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

3.2.1.2 Data Tanah

Survey data tanah digunakan untuk perencanaan struktur bawah dermaga yaitu perencanaan pondasi dermaga yang berupa nilai SPT dan lapisan tanah. Data Tanah dalam perencanaan tugas akhir didapatkan dari PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya, 60111, Telp. (031) 5964251-655 jam. 1-160
 Telp/Fax. (031) 5928801, e-mail tanah_batu@gmail.com

M.A. PASAN 6 + 2, 00 MBLANKO PENGEBORAN DI LAPANGAN
 M.A. SURUH + 1, 00 M

Nama	TUKAN	BHL 1
Penyakit	Bar Master	PRIS WILITO
Lokasi	MAT	SABRI MINGGIL
Thresol	Hari	21-1-2012 - 24-1-2012
K =	Tanggal	BERAWAL DAN CERAH
V =	Catatan	

No	Kedalaman (m)	Deskripsi tanah	Warna	SPT			N-SPT
				I	II	III	
0-1	1	pasir	putih kecoklatan				
1-2	2						
2-3	3						
3-4	4	pasir krikil	putih kekuningan	5	7	9	16
4-5	5						
5-6	6			8	8	10	18
6-7	7						
7-8	8						
8-9	9						
9-10	10	Batu kapur	putih	18	21	24	45
10-11	11						
11-12	12			18	24	25	49
12-13	13						
13-14	14						
14-15	15						
15-16	16			17	23	28	51
16-17	17						
17-18	18						
18-19	19						
19-20	20						
20-21	21						
21-22	22	Batu kapur	putih				
22-23	23						
23-24	24						
24-25	25						
25-26	26						
26-27	27						
27-28	28						
28-29	29						
29-30	30						
30-31	31						
31-32	32						
32-33	33						
33-34	34						
34-35	35						
35-36	36						
36-37	37						
37-38	38						
38-39	39						
39-40	40						
40-41	41						
41-42	42						
42-43	43						
43-44	44						
44-45	45						
45-46	46						
46-47	47						
47-48	48						
48-49	49						
49-50	50						
50-51	51						
51-52	52						
52-53	53						
53-54	54						
54-55	55						
55-56	56						
56-57	57						
57-58	58						
58-59	59						
59-60	60						
60-61	61						
61-62	62						
62-63	63						
63-64	64						
64-65	65						
65-66	66						
66-67	67						
67-68	68						
68-69	69						
69-70	70						
70-71	71						
71-72	72						
72-73	73						
73-74	74						
74-75	75						
75-76	76						
76-77	77						
77-78	78						
78-79	79						
79-80	80						
80-81	81						
81-82	82						
82-83	83						
83-84	84						
84-85	85						
85-86	86						
86-87	87						
87-88	88						
88-89	89						
89-90	90						
90-91	91						
91-92	92						
92-93	93						
93-94	94						
94-95	95						
95-96	96						
96-97	97						
97-98	98						
98-99	99						
99-100	100						

Keterangan penting di lapangan

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Pengawas-1
PT. Semen Indonesia

Pengawas-2
PT. Semen Indonesia

Kupang, 22-1-2012

Pelaksana lapangan
Lab. Mekanika Tanah & Batuan
Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS

SETIO HADI

Gambar 3. 1 Data Tanah BHL-1 (sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk)

Tabel 3. 1 Perhitungan kelas situs tanah

Depth (m)	Type of Soil	N-SPT	Grafik SPT	di/Ni
0	Pasir	0		
-1	Pasir	5		0,1875
-2	Pasir kerikil	11		0,09375
-3	Pasir kerikil	16		0,0625
-4	Pasir kerikil	17		0,06
-5	Pasir kerikil	17		0,05769
-6	Pasir kerikil	18		0,05556
-7	Batu kapur	27		0,03704
-8	Batu kapur	36		0,02778
-9	Batu kapur	45		0,02222
-10	Batu kapur	46		0,02158
-11	Batu kapur	48		0,02098
-12	Batu kapur	49		0,02041
-13	Batu kapur	50		0,02013
-14	Batu kapur	50		0,01987
-15	Batu kapur	51		0,01961
-16	Batu kapur	54		0,01852
-17	Batu kapur	57		0,01754
-18	Batu kapur	60		0,01667
-19	Batu kapur	60		0,01667
-20	Batu kapur	60		0,01667
-21	Batu kapur	60		0,01667
-22	Batu kapur	60		0,01667
-23	Batu kapur	60		0,01667
-24	Batu kapur	60		0,01667
-25	Batu kapur	58		0,01724
-26	Batu kapur	56		0,01786
-27	Batu kapur	54		0,01852
-28	Batu kapur	53		0,01887
-29	Batu kapur	52		0,01923
-30	Batu kapur	51		0,01961
				0,99067

Nilai N rata - rata:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

Kedalaman total = 30 m

N rata2 = 30,28

Maka kategori tanah = D (tanah sedang)

Tabel 2 SNI 2833 2016

Untuk nilai spring yang terjadi pada tiang pancang adalah

$$k = k_o \cdot y^{-1/2}$$

$$k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$$

$$E_o = 28N$$

$$k_x = k \cdot D \cdot L_i$$

$$k_v = a \cdot A_p \cdot E_p / L_i$$

Dengan :

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$a = 0,027 (l/D) + 0,2$$

$$E_p = 200.000 \text{ MPa}$$

$$l = \text{panjang tiang (21 m)}$$

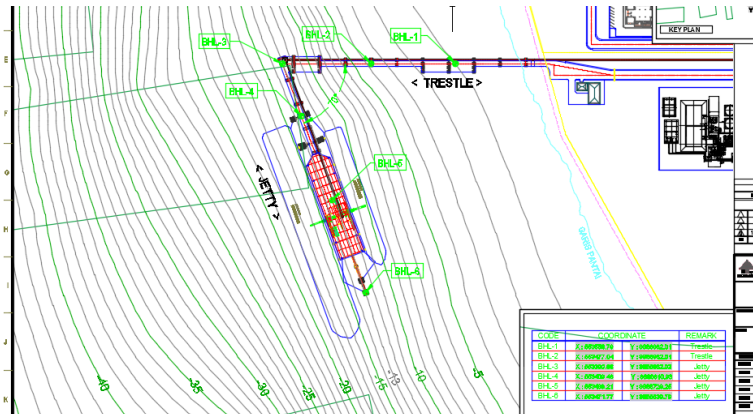
Tabel 3. 2 Perhitungan spring pada pondasi

Perhitungan Spring

Depth (m)	N-SPT	Es = 28 N	ko	k	kv	kx	kx = ky
		kg/cm ²	kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	kg/cm	kg/m
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	5	149,333	0,933	0,933	1186943,648	9482,223	948222,338
-2	11	298,667	1,867	1,867	593471,824	18964,447	1896444,675
-3	16	448,000	2,800	2,800	395647,883	28446,670	2844667,013
-4	17	466,667	2,917	2,917	296735,912	29631,948	2963194,805
-5	17	485,333	3,033	3,033	237388,730	30817,226	3081722,597
-6	18	504,000	3,150	3,150	197823,941	32002,504	3200250,389
-7	27	756,000	4,725	4,725	169563,378	48003,756	4800375,584
-8	36	1008,000	6,300	6,300	148367,956	64005,008	6400500,779
-9	45	1260,000	7,875	7,875	131882,628	80006,260	8000625,974
-10	46	1297,333	8,108	8,108	118694,365	82376,816	8237681,558
-11	48	1334,667	8,341	8,341	107903,968	84747,371	8474737,142
-12	49	1372,000	8,575	8,575	98911,971	87117,927	8711792,727
-13	50	1390,667	8,691	8,691	91303,358	88303,205	8830320,519
-14	50	1409,333	8,808	8,808	84781,689	89488,483	8948848,311
-15	51	1428,000	8,925	8,925	79129,577	90673,761	9067376,103
-16	54	1512,000	9,450	9,450	74183,978	96007,512	9600751,168
-17	57	1596,000	9,975	9,975	69820,215	101341,262	10134126,233
-18	60	1680,000	10,500	10,500	65941,314	106675,013	10667501,298
-19	60	1680,000	10,500	10,500	62470,718	106675,013	10667501,298
-20	60	1680,000	10,500	10,500	59347,182	106675,013	10667501,298
-21	60	1680,000	10,500	10,500	56521,126	106675,013	10667501,298
-22	60	1680,000	10,500	10,500	53951,984	106675,013	10667501,298
-23	60	1680,000	10,500	10,500	51606,246	106675,013	10667501,298
-24	60	1680,000	10,500	10,500	49455,985	106675,013	10667501,298
-25	58	1624,000	10,150	10,150	47477,746	103119,179	10311917,921
-26	56	1568,000	9,800	9,800	45651,679	99563,345	9956334,545
-27	54	1512,000	9,450	9,450	43960,876	96007,512	9600751,168
-28	53	1484,000	9,275	9,275	42390,845	94229,595	9422959,480
-29	52	1456,000	9,100	9,100	40929,091	92451,678	9245167,792
-30	51	1428,000	8,925	8,925	39564,788	90673,761	9067376,103

3.2.1.3 Data Layout Eksisting

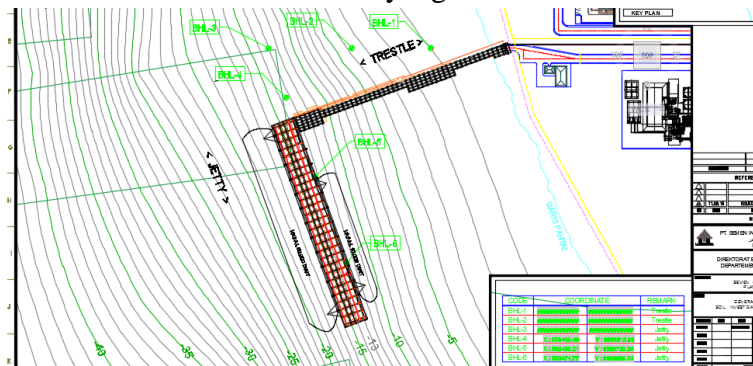
Data Layout eksisting digunakan sebagai penentuan lokasi dermaga tersebut.



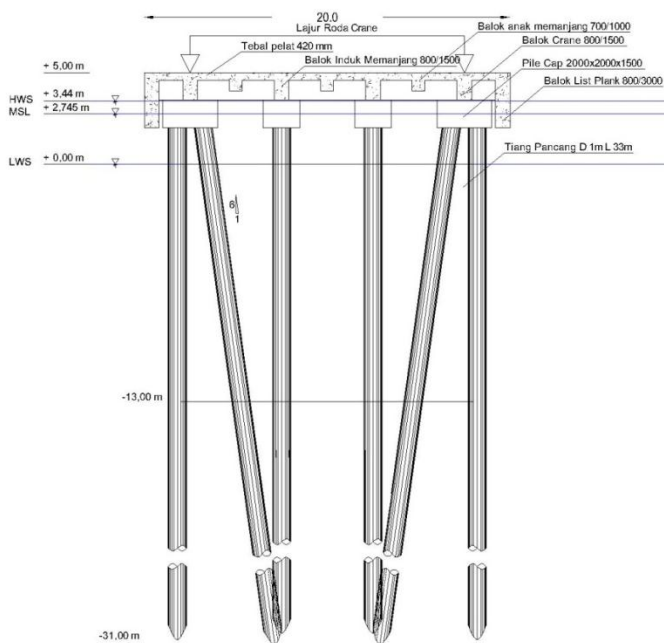
Gambar 3. 2 Kondisi Eksisting (sumber : PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk)

3.2.1.4 Layout Rencana Desain

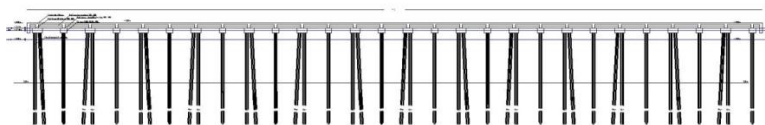
Rencana desain yang akan dilakukan.



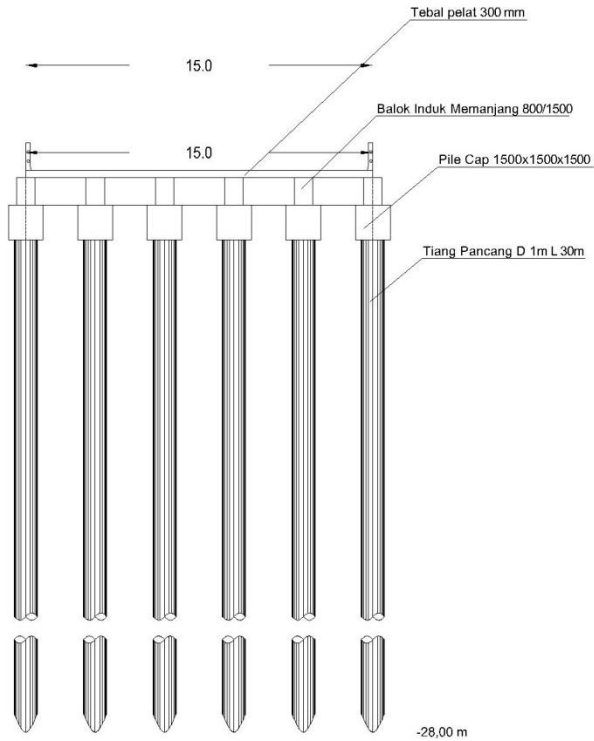
Gambar 3. 3 Rencana desain Denah Dermaga



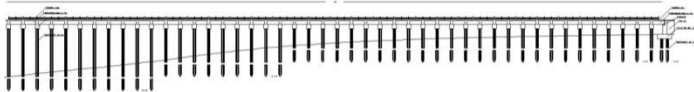
Gambar 3. 4 Rencana desain potongan melintang dermaga



Gambar 3. 5 Rencana desain potongan memanjang dermaga



Gambar 3. 6 Rencana desain potongan melintang *trestle*



Gambar 3. 7 Rencana desain potongan memanjang *trestle*

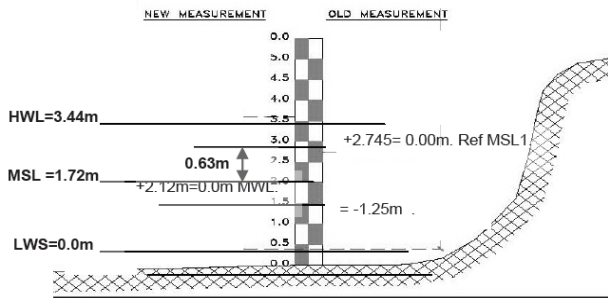
3.2.2 Data Oceanografi

3.2.2.1 Data Pasang Surut

Pasang surut adalah kejadian yang diakibatkan pengaruh bumi terhadap bulan. Data pasang surut dibutuhkan sebagai pelengkap data bathymetri untuk merencanakan kedalaman kolam dermaga. Data ini juga diperlukan dalam perencanaan *fender*/fasilitas tambat.

Muka air tertinggi (HWL) : 3,44 m LWS

Muka air rata-rata (MSL) : 1,72 m LWS



Gambar 3. 8 Data pasang surut (*sumber : Geotechnical Investigation Report – Jetty Site*)

3.2.2.2 Data Arus

Data arus didapatkan dari Laporan Proyek pada desain dermaga di daerah Kupang. Data ini dibutuhkan untuk perencanaan gaya pada *mooring* dan gaya pada pondasi tiang pancang sebesar 1,01563 m/det.

Arus yang terjadi sejajar dengan garis pantai, maka arus yang menjadi perencanaan gaya pada *mooring* yaitu arus yang membebani pada haluan kapal yang terendam air dan arus yang terjadi pada tiang pancang yaitu arus yang membebani pada tinggi tiang pancang dari permukaan air hingga permukaan tanah.

3.2.2.3 Data Angin

Data angin didapatkan dari Skala Beaufort. Diambil pada kondisi angin topan sebesar 64 knot atau 120 km/jam.

Angin yang terjadi tegak lurus dengan garis pantai sehingga angin yang menjadi perencanaan pada gaya *mooring* yaitu beban dari luasan badan kapal yang berada diatas permukaan air

Tabel 3. 3 Skala Beaufort (*sumber : Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triamodjo, 2009*)

ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam.

Tabel 3.1. Skala Beaufort

Tingkat	Sifat Angin	Keadaan Lingkungan	V (knot)	P (kg/m ²)
0	Sunyi (calm)	Tidak ada angin, asap mengumpul	0-1	0,2
1	Angin sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin	1-3	0,8
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun rangan bergerak	4-6	3,5
3	Angin lemah	Daun/ranting terus menerus bergerak	7-10	8,1
4	Angin sedang	Debu/kertas tertiup, ranting dan cabang kecil bergerak	11-16	15,7
5	Angin agak kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih di laut	17-21	26,6
6	Angin kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun	22-27	41,0
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalan di luar sukar	28-33	60,1
8	Angin sangat kuat	Ranting pohon patah, berjalan menentang angin	34-40	83,2
9	Badai	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiup dan terlempar	41-47	102,5
10	Badai kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah	48-55	147,5
11	Angin ribut	Kerusakan karena badai terdapat di daerah luas	56-63	188,0
12	Angin topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213,0

3.2.2.4 Data Kapal

Data kapal yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini adalah kapal untuk barang curah kering dengan kapasitas 10.000 DWT dan kapasitas 50.000 DWT. Data kapal didapatkan dari buku *Marine Fender Design Manual, Bridgestone*.

3.2.3 Literatur

Literatur yang digunakan sebagai tinjauan pada perencanaan struktur dermaga ini telah dijelaskan pada bab 2.

3.3 Penentuan Dimensi Dermaga

Dimensi - dimensi dermaga ditentukan berdasarkan jenis kapal dan alat bongkar muat kapal. Dimensi yaang direncanakan meliputi

- a. Panjang dermaga
- b. Lebar dermaga
- c. Kedalaman dermaga
- d. Elevasi lantai dermaga

3.4 Perencanaan Dimensi Elemen

Perencanaan dimensi elemen struktur dermaga meliputi pelat, balok, *pile cap* dan tiang pancang.

3.5 Analisa pembebanan Struktur

Analisa pembebanan merupakan perhitungan terhadap beban - beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal, beban vertikal dan kombinasi pembebanan. Selain itu pada tahap ini dilakukan perencanaan kombinasi pembebanan yang akan digunakan.

3.5.1 Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang akan ditinjau berbadarkan peraturan *Port of Long Beach Wharf*

Design criteria, dengan beban dan faktor kombinasi beban seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. 4 Faktor Beban dan kombinasi pembebanan (*sumber : Port of Long Beach Wharf Design criteria*)

LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^a									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I ^b	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.20	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20	1.20
II ^c	0.90	—	1.60	1.60	—	—	1.20	1.00	1.20
III	1.20	1.00	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20
IV	1.20	1.60	1.60	1.60	—	1.60	—	1.20	1.20
SERVICE LOAD DESIGN (SLD) ^d									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	—	—	1.00	1.00
III	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00
^a The Load Resistance Factor Design require the strength reduction factors, ϕ as specified in ACI-318 2008. Strength reduction factors shall follow ACI-318 (Ref. 2) for reinforced concrete design and AISC (Ref. 4) for structural steel design. ^b For the load factor of crane load case see Table 3-1. ^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check members for minimum axial load and maximum moment. ^d Increase in allowable stress shall not be used.									

^a The lengthload factor design require the strength reduction factors, ϕ as specified in ACI-318 2005

^b For the load factor of crane load case

^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check member for minimum axial load and maximum moment

^d For uniform live load only

^e $K = 0.50$ (PGA), to account for the affects of the vertical component of the ground acceleration. The K-factor shall be applied to the vertical dead load (D) only, not to the inertia mass of the wharf

Load symbol

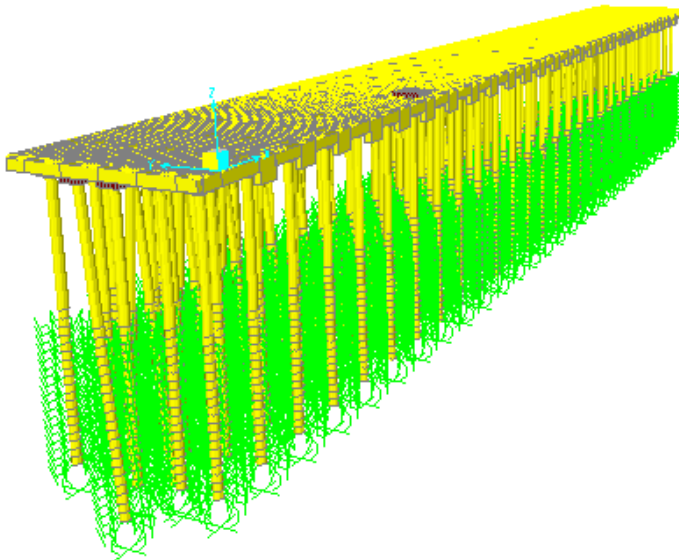
- D = Dead load
- L = Live load
- I = Impact load
- BU = Buoyancy load
- BE = Berthing load
- E = Earth pressure load
- EQ = Earthquake load
- W = Wind load
- R = Creep/rib shortening load
- S = Shrinkage load
- T = Temperature load
- M = Mooring load

3.6 Perencanaan *Fender dan Bollard*

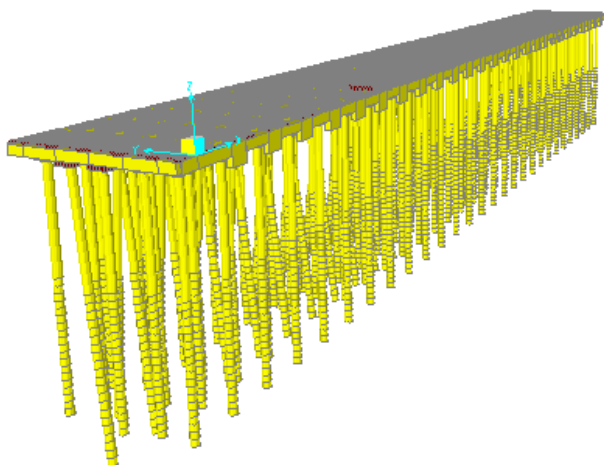
Prosedur penentuan ukuran dan kapasitas fender dan bollard telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

3.7 Analisa Struktur Dermaga

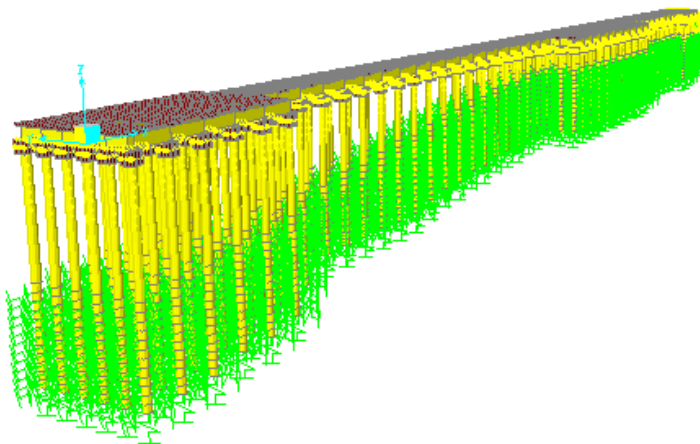
Analisa struktur dermaga dilakukan dengan menggunakan bantuan SAP 2000.



Gambar 3. 9 Permodelan Struktur Dermaga pada SAP 2000



Gambar 3. 10 Permodelan Struktur Dermaga pada SAP2000 tanpa beban *spring*



Gambar 3. 11 Permodelan Struktur *Trestle* pada SAP 2000

3.8 Kontrol Design

Kontrol desain dilakukan dengan bantuan SAP 2000, pada tahap ini kapasitas penampang dan mutu elemen direncanakan dan dikontrol untuk mampu menahan beban – beban yang ada. Apabila pada tahapan ini terdapat elemen yang tidak mampu menahan akibat beban – beban yang ada, maka diperlukan perencanaan ulang dimensi penampang dan mutu elemen yang digunakan.

Adapun tahapan Kontrol Design yang di cek antara lain :

1. Kapasitas Penampang Pelat akibat kuat menahan momen lentur dan geser pons.
2. Kapasitas Penampang Balok akibat Beban Roda *Crane* untuk kuat menahan momen lentur dan gaya geser yang terjadi.
3. Kapasitas Penampang *Pile cap* sama halnya dengan Pelat.
4. Kapasitas Penampang Tiang pancang akibat beban yang terjadi terhadap kepala tiang agar beton yang terisi tidak retak.

Dari Kontrol Kapasitas penampang dapat dilihat pada Bab 2 pada Perencanaan struktur atas maupun struktur bawah.

3.9 Perhitungan Penulangan

Perhitungan penulangan dilakukan pada elemen stuktur atas dan bawah dengan gaya – gaya dalam diambil dari hasil analisa struktur pada SAP

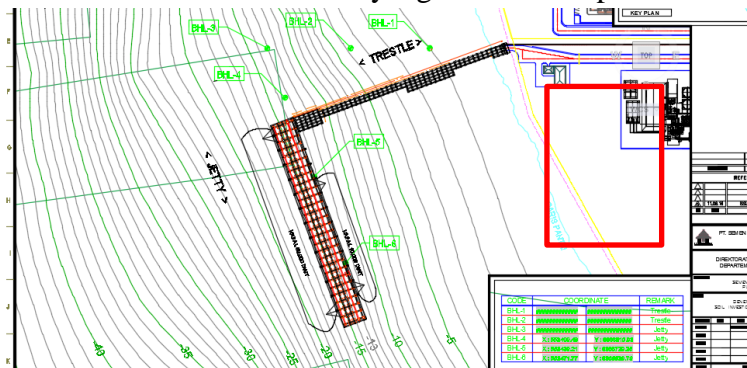
2000, berikut adalah elemen – elemen yang dilakukan perhitungan :

- a. Plat
- b. Balok
- c. Pile Cap
- d. Shear ring

3.10 Perencanaan Beton Pracetak

Perencanaan elemen beton pracetak yang direncanakan pada tiga elemen antara lain pelat, balok dan *pile cap*.

Beton pracetak dilaksanakan di lapangan dan membutuhkan *stock yard* yang berada di dekat dermaga supaya dalam pelaksanaan tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pemindahan



Gambar 3. 12 Lokasi *stock yard* untuk beton pracetak

3.11 Gambar Teknik

Untuk memberikan informasi yang jelas dalam hasil perhitungan dan penyusunan laporan,

perlu dilakukan penggambaran teknik pada struktur dermaga yang dirancang. Gambar – gambar tersebut meliputi :

- a. Gambar layout/*site plan*
- b. Gambar Denah
- c. Gambar potongan memanjang
- d. Gambar potongan melintang
- e. Denah penulangan
- f. Detail penulangan
 - Pelat
 - Balok
 - *Pile cap*
 - *Shear ring*
- g. Detail *fender*
- h. Detail *bollard*

3.12 Perencanaan Metode Pelaksanaan

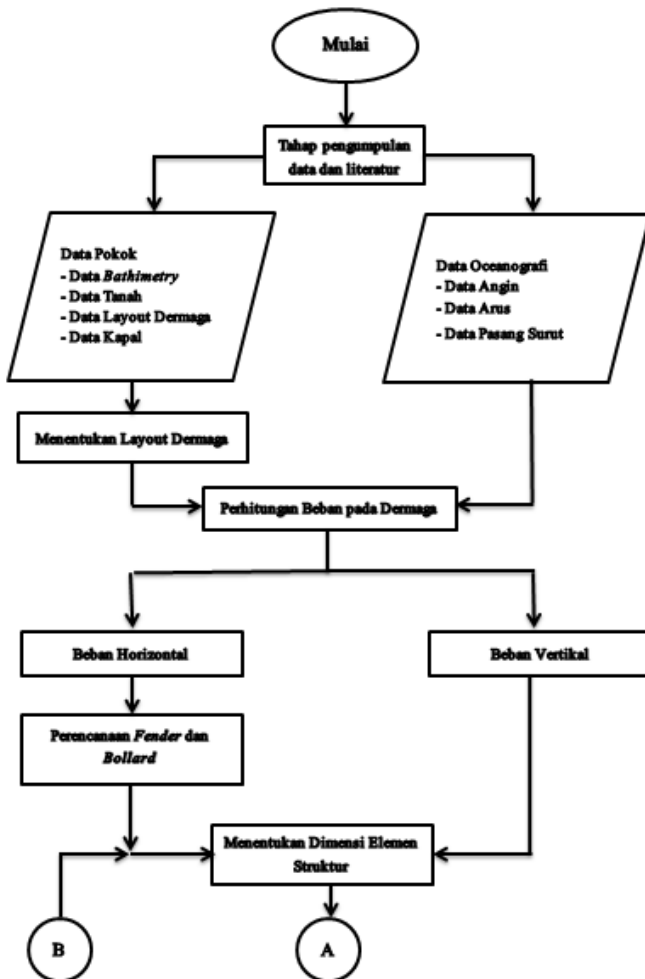
Pada perencanaan metode pelaksanaan, tahapan – tahapan yang dikerjakan antara lain :

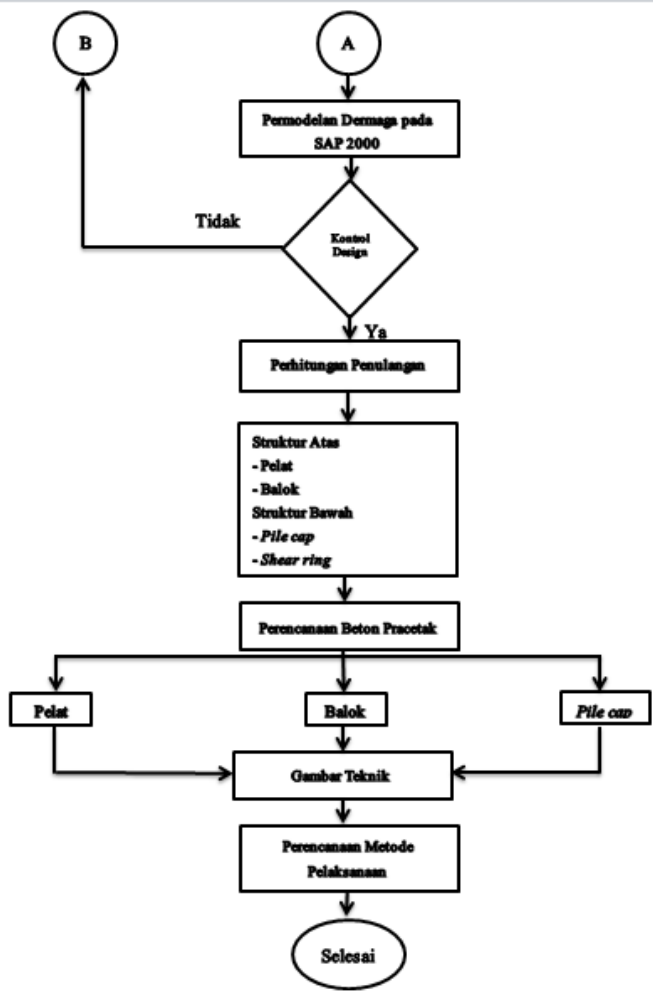
1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan Pembersihan Lahan
3. Pekerjaan Mobilisasi Alat dan Material
4. Pekerjaan Konstruksi Tiang Pancang
5. Pekerjaan Konstruksi *Pile cap*
6. Pekerjaan Konstruksi Pembalokan
7. Pekerjaan Konstruksi Pelat Lantai

8. Pekerjaan *Finishing* untuk pengecoran
in-situ

Pada Tahap Konstruksi dengan Beton Pracetak dilakukan pembahasan antara lain, pengangkatan, penumpukan, *erection* dan pengecoran *in-situ*.

3.13 Bagan Alir





Gambar 3. 13 Bagan Alir perancangan dermaga

BAB IV

KRITERIA DESIGN

4.1 Data yang digunakan

Data-data yang akan digunakan untuk perancangan suatu dermaga diantaranya.

4.1.1 Data Kapal

Data kapal yang digunakan berasal dari sumber *Marine Fender Design Manual, Bridgestone*.

Kapal yang akan bertambat direncanakan pada kapal 10.000 DWT dan kapal 50.000 DWT untuk Kapal yang mengangkut barang curah kering.

Tabel 4. 1 Karakteristik kapal Ore carrier (sumber : *Marine Fender Design Manual, Bridgestone*)

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.8	1.8	2.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,811	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.1	4.7	8.4
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.2	7.2	12.8
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.2	9.5	16.7
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.3	14.2	25.2
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.4	16.7	29.5
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.7	21.8	38.6
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	12.0	27.0	47.9
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.3	32.2	57.1
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.7	42.1	74.9
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.2	52.2	93.0
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,506	108,606	27.7	62.3	110.8
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.2	72.5	128.6
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.5	82.1	145.9
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.2	101.7	180.8
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,795	261,795	66.8	150.3	267.2
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.0	200.3	356.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.5	255.4	454.0

Data Bathymetri yang digunakan pada Dermaga Semen Kupang dari elevasi 0,0 m dari posisi LWS. Dengan kedalaman -10 m untuk posisi kapal 10.000 DWT dan -15 m untuk posisi kapal 50.000 DWT.

Dengan kedalaman *draft* kapal dan batas kedalaman bersih, kedalaman atau elevasi dermaga yang direncanakan tidak boleh kurang dari kedalaman izin untuk kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT.



Kapal 10,000 DWT memiliki *draft* 7,9 m dan kapal 50.000 DWT memiliki *draft* 11,7 m. Sehingga tinggi kolam untuk bertambatnya kapal adalah

Kapal 10.000 DWT

$$H_{\text{kolam}} = (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS}$$

$$H_{\text{kolam}} = 7,9 \text{ m} + 1,5 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{kolam}} = 9,4 \text{ m LWS} < 10 \text{ m (OK)}$$

Kapal 50.000 DWT

$$H_{\text{kolam}} = (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS}$$

$$H_{\text{kolam}} = 11,7 \text{ m} + 1,5 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{kolam}} = 13,2 \text{ m LWS} < 15 \text{ m (OK)}$$

4.1.3 Data Angin

Data Angin digunakan pada kondisi Angin topan dengan besar 64 knot atau setara kurang lebih 120 km/jam.

Tabel 4. 2 Skala Beaufort (*sumber : Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triamodjo, 2009*)

Ting- kat	Sifat Angin	Keadaan Lingkungan	V (knot)	P (kg/m ²)
0	Sunyi (calm)	Tidak ada angin, asap mengumpul	0-1	0,2
1	Angin sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin	1-3	0,8
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun rindang bergerak	4-6	3,5
3	Angin lemah	Daun/ranting terus menerus bergerak	7-10	8,1
4	Angin sedang	Debu/kertas tertiup, ranting dan cabang kecil bergerak	11-16	15,7
5	Angin agak kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih di laut	17-21	26,6
6	Angin kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun	22-27	41,0
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalan di luar sukar	28-33	60,1
8	Angin sangat kuat	Ranting pohon patah, berjalan menentang angin	34-40	83,2
9	Badai	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiup dan terlempar	41-47	102,5
10	Badai kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah	48-55	147,5
11	Angin ribut	Kerusakan karena badai terdapat di daerah luas	56-63	188,0
12	Angin topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213,0

4.1.4 Data Arus

Data Arus diambil dari internet dimana besar arus yang terjadi pada dermaga semen kupang sebesar 1,01563 m/s.

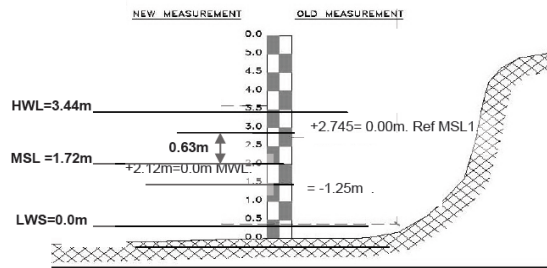
Untuk tinggi gelombang tidak seberapa berpengaruh karena letak dermaga semen kupang daerahnya terlindung dari Pulau dan ketinggian gelombang kecil.

4.1.5 Data Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk menentukan Elevasi lantai dermaga dimana dihitung dari Elevasi $\pm 0,00$ m yang terdiri dari muka air terendah (LWS) dan muka air tertinggi (HWL).

Dari data yang ada untuk muka air terendah dan muka air tertinggi adalah sebagai berikut :


- Muka air tertinggi (HWL) = $\pm 3,44$ m
- Muka air rerata (MSL) = $\pm 2,745$ m
- Muka air terendah (LWS) = $\pm 0,00$ m



Gambar 4. 2 Data pasang surut (sumber : *Geotechnical Investigation Report – Jetty Site*)

4.1.6 Data Tanah

Data tanah yang digunakan terdapat 2 data tanah, untuk BHL-5 digunakan merencanakan pondasi *Jetty*, BHL-1 untuk merencanakan *trestle*.


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya, 60111, Telp. (031) 5959251-55 pos. 1140
 Telp/Fax (031) 5928931, e-mail tanah.its@gmail.com

BLANKO PENGEBORAN DI LAPANGAN

Nama : DANANG. S. 2017 No. : SURUT. 6. 3017 DARI SEM BOD	TIKU Bor : BHL-5 Bor Master : MISWANTO MMT : MINGGIL Hari : 17/12/2017 Tanggal : MUJAH DAN CORAN Cuaca :
--	--

No	Kedalaman (m)	Deskripsi tanah	Warna	SPT			N-SPT
				I	II	III	
0-1		PASIR AKRILIL	PURTH				
1-2							
2-3							
3-4							
4-5		Batu kapur	PURTH	20	25	26	
5-6							
6-7							
7-8							
8-9							
9-10							
10-11							
11-12							
12-13		Batu kapur	PURTH	24	26	26	
13-14							
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							
21-22							
22-23							
23-24							
24-25		Batu kapur	PURTH	26	13	04	
25-26							
26-27							
27-28							
28-29							
29-30							
30							

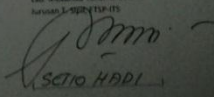
Kegiatan penting di lapangan:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____


Pengawas-1
 PT. Semen Indonesia

Pengawas-2
 PT. Semen Indonesia

Kuipang
 Pelaksanaan lapangan
 Lab. Mekanika Tanah & Batuan
 Jurusan S-9904 (19-ITS)


SETIO HADI

Gambar 4. 3 Data Tanah BHL-5


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya, 60111, Telp: (031) 5594231-55 psw. 1140
 Telp/Fax: (031) 5928001, e-mail: tanah.its@gmail.com

M.A. PASANG + 2.00 M BLANKO PENGEBORAN DI LAPANGAN
 M.A. SURUT + 1.00 M

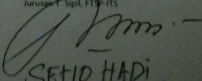
Nama : Proyek : Lokasi : Uraian : K : V :	Titik Bor : BHL 1 Bar Muter : BHS WARTO MAT : Tanggal : 21-1-2017 Cuaca : BERAWAN DAN ZEMER
--	---

No	Kedalaman (m)	Deskripsi tanah	Warna	SPT			N-SPT
				I	II	III	
0-1		PASIR	putih keabuan				
1-2							
2-3		PASIR KRIL	putih	5	7	9	16
3-4			keuningan				
4-5				8	8	10	18
5-6							
6-7							
7-8							
8-9							
9-10		Batu kapur	putih	18	21	24	45
10-11							
11-12				18	24	25	49
12-13							
13-14				17	23	28	51
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							
21-22		Batu kapur					
22-23							
23-24			putih				
24-25							
25-26							
26-27							
27-28				21	25	29	57
28-29							
29-30							
30-31				23	25	26	57

Kejadian penting di lapangan
 1 _____
 2 _____
 3 _____
 4 _____

Pengawas : 1
 PT. Semen Indonesia

Pengawas : 2
 PT. Semen Indonesia

Kupang, 22-1-2017
 Pelaksana lapangan
 Lab. Mekanika Tanah & Batuan
 Jurusan T. Sipil ITS-ITS

SETIO HADI

Gambar 4. 4 Data Tanah BHL-1

4.1.7 Data Crane

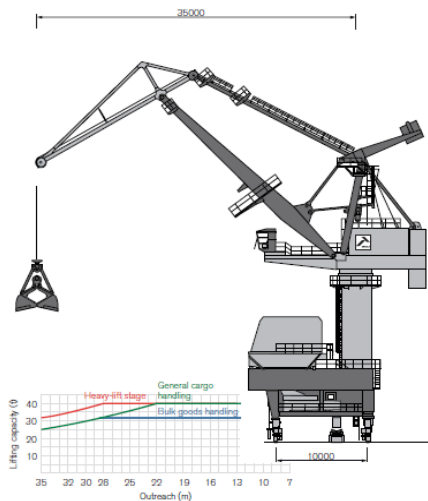
Data Crane yang digunakan adalah Tukan Kangaroo 1500 *Double Jib Level Luffing Crane with Integrated Hopper*.

Dengan data spesifikasi sebagai berikut :

Berat Crane = 280 Ton

Kapasitas Max = 40 Ton

Track Gauge = 15 m



Gambar 4. 5 Tukan Kangaroo 1500-40 (sumber : Tukan Kangaroo, Ardel)

4.1.8 Data Belt Conveyor

Belt Conveyor adalah peralatan yang cukup sederhana yang digunakan untuk mengangkut uni atau curah dengan kapasitas besar.

Keunggulan belt conveyor antara lain, dapat beroperasi secara continue, perawatan mudah,

kapasitas dapat diatur dan kecepatannya sampai dengan 600 ft/m.

Kelemahan dari belt conveyor antara lain, jaraknya tertentu, biaya relatif mahal dan sudut inklinasi terbatas.

4.2 Kualitas Material

Pada perencanaan digunakan material sebagai berikut :

4.2.1 Beton

Kualitas beton yang digunakan adalah

- Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
 - Modulus Elastisitas Beton (E_c)
- $$= 4700 \sqrt{f_c'}$$
- $$= 4700 \sqrt{30 \text{ MPa}}$$
- $$= 25742,96 \text{ MPa}$$

4.2.2 Baja

Kualitas baja yang digunakan adalah

- Mutu Baja BJTS 40 (SNI 2052 2014)
- Tulangan leleh (f_y) = 390 MPa
- Tulangan putus (f_u) = 560 MPa
- Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 MPa

Tabel 4. 3 SNI 2052 2014 Tabel 5 - sifat mekanis

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung		TS/YS
		Kuat luluh minimum N/mm ² (kgf/mm ²)	Kuat tarik minimum	Regangan minimum	Sudut lengkung	Diameter pelengkung	
			N/mm ² (kgf/mm ²)	%			
BJTP 24	No. 2	235	380	20	180°	3 x d	-
	No. 3	(24)	(39)	24			
BJTP 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16 = 3xd d > 16 = 4xd	-
	No. 3	(30)	(45)	20			
BJTS 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16 = 3xd d > 16 = 4xd	-
	No. 3	(30)	(45)	20			
BJTS 35	No. 2	345	490	18	180°	d ≤ 16 = 3xd 16 < d ≤ 40 = 4xd d ≥ 40 = 5xd	-
	No. 3	(35)	(50)	20			
BJTS 40	No. 2	390	560	16	180°	5 x d	Min 1,2
	No. 3	(40)	(57)	18			
BJTS 50	No. 2	490	620	12	90°	d ≤ 25 = 5xd d > 25 = 6xd	Min 1,2
	No. 3	(50)	(63)	14			

CATATAN:

- Hasil uji lengkung tidak boleh retak pada sisi luar lengkungan
- Untuk baja tulangan sirip ≥ S.32 dikurangi 2 % dari nilai regangan
- Untuk baja tulangan sirip S.40 dan S.50 dikurangi 4 % dari nilai regangan
- 1 kgf/mm² = 9,81 N/mm²
- Regangan adalah regangan total panjang yang dihitung setelah sample uji putus
- Metode penentuan batas ulur dapat menggunakan metode *offset* dengan nilai *offset* 0,2%
- Batang uji tarik No. 2 untuk diameter ≤ 22 mm dan batang uji tarik No. 3 untuk diameter ≥ 25 mm

: untuk penayangan di www.bsn.go.id dan tidak untuk di komersialkan"

4.2.3 Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah Tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*) ASTM A 252 grade 3 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tulangan leleh (f_y) = 45000 psi = 310 MPa
- Tulangan putus (f_u) = 66000 psi = 455 MPa
- Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 MPa

BAB V

PRELIMINARY DESIGN

5.1 Dimensi Dermaga

5.1.1 Panjang Dermaga

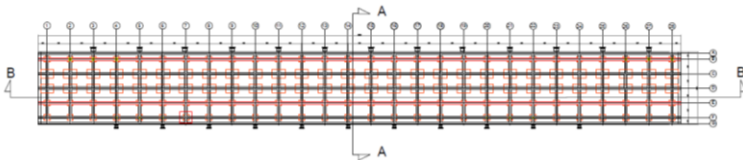
IMO (*International Maritim Organization*) memberikan persamaan untuk menentukan panjang dermaga sebagai berikut :

$$L_p = n \cdot L_{oa} + (n+1) \times 10\% \times L_{oa}$$

$$L_p = 1 \cdot 222 \text{ m} + (1+1) \times 10\% \times 222 \text{ m}$$

$$L_p = 266 \text{ m}$$

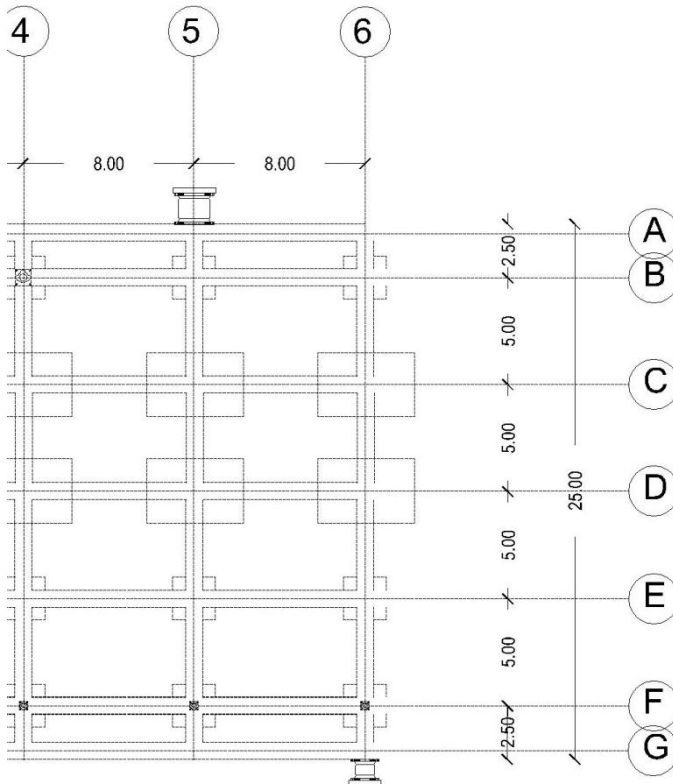
Apabila untuk 1 sisi dermaga hanya 1 kapal dan tidak dilakukan untuk tambat secara berjajar maka panjang dermaga dipakai sama dengan panjang kapal 222 m.



Gambar 5. 1 Denah dermaga

5.1.2 Lebar Dermaga

Lebar dermaga direncanakan 25 m dengan melihat pertimbangan lebar crane 15 m dari spesifikasi *Crane* Tukan Kangaroo.



Gambar 5. 2 Lebar dermaga

5.1.3 Kedalaman Dermaga Rencana

Kedalaman dermaga rencana dihitung dari LWS, dan dihitung sebagai berikut :

Kapal 10.000 DWT

$$H_{\text{rencana}} = (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} = 7,9 \text{ m} + 1,5 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} = 9,4 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} < H_{\text{eksisting}}$$

$$H_{\text{rencana}} = 9,4 \text{ m LWS} < 10 \text{ m}$$

Kapal 50.000 DWT

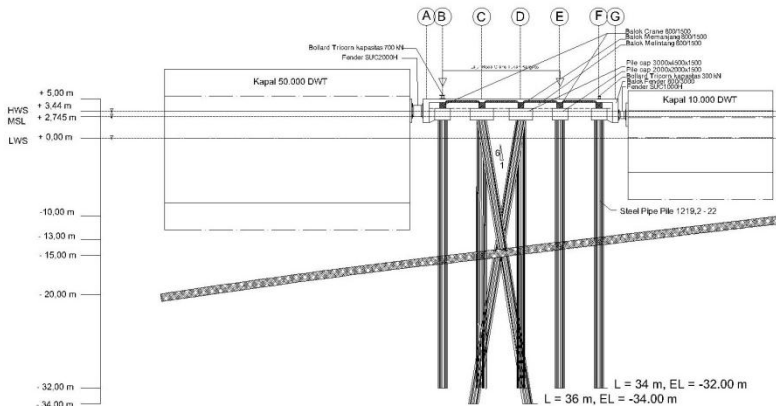
$$H_{\text{rencana}} = (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} = 11,7 \text{ m} + 1,5 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} = 13,2 \text{ m LWS}$$

$$H_{\text{rencana}} < H_{\text{eksisting}}$$

$$H_{\text{rencana}} = 13,2 \text{ m LWS} < 15 \text{ m}$$



Gambar 5. 3 potongan melintang dermaga

5.1.4 Elevasi Lantai Dermaga

Elevasi lantai dermaga dari kondisi HWL ditambah dengan tinggi jagaan sebesar 0 – 1,5 m.

$$\text{Elevasi dermaga} = \text{HWL} + 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi dermaga} = 3,44 \text{ m LWS} + 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi dermaga} = 4,94 \text{ m LWS}$$

Elevasi lantai dermaga direncanakan + 5,00 m LWS.

5.1.5 Dimensi *Trestle*

Dimensi *Trestle* direncanakan dengan panjang *trestle* 230 m dan lebarnya 9 m untuk operasional Truk menuju dermaga. Dan Elevasi rencana digunakan sama halnya dengan elevasi dermaga + 5,00 m LWS.

5.2 *Berthing Force*

Berthing Force atau gaya tambat dihitung untuk merencanakan fender, adapun data-data sebagai berikut :

Pada Kapal 10.000 DWT

- Berat Kapal (DWT) = 10.000 Ton
- *Full Displacement* (W) = 13.333 Ton
- Panjang kapal (L_{oa}) = 140 m
- Lebar kapal (B) = 18,5 m
- Tinggi kapal (H) = 10,5 m
- *Draft* kapal (d) = 7,9 m

- *Berthing speed* = 20,8 Ton.m pada kec. 0,2 m/s
- *Berthing angle* = 10^0
- BJ air laut (ρ_o) = 1,03 Ton/m³

$$E_f = \frac{M_s \cdot V^2}{2g} C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c$$

dimana :

E_f = energi tambat (Ton.m)

M_s = berat kapal (Ton)

W = berat yang dipindahkan (Ton)

V = kecepatan tambat (m/s)

\bar{V} = Volume yang dipindahkan (m³)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

C_e = faktor eksentrisitas ($\pm 0,5$)

C_m = faktor massa

C_s = koefisien kelunakan

C_c = koefisien konfigurasi

Maka :

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B}$$

$$C_b = \frac{\bar{V}}{L_{pp} B d}$$

$$\begin{aligned} \bar{V} &= \frac{W}{\rho_o} \\ &= \frac{13.333 \text{ Ton}}{1,03 \text{ T/m}^3} \\ &= 12944,66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$L_{pp} = 95\% L_{oa}$$

$$\begin{aligned}
&= 95\% \cdot 140 \text{ m} \\
&= 133 \text{ m} \\
C_b &= \frac{\bar{V}}{L_{pp} B d} \\
&= \frac{12944,66 \text{ m}^3}{133 \text{ m} \cdot 18,5 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m}} \\
&= 0,67 \\
C_m &= 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B} \\
&= 1 + \frac{3,14 \cdot 7,9 \text{ m}}{2 \cdot 0,67 \cdot 18,5 \text{ m}} \\
&= 2,01 \\
C_e &= 0,5 \\
C_s &= 1 \\
C_c &= 1 \\
E_f &= \frac{M_s \cdot V^2}{2g} C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \\
&= \frac{10.000 \text{ Ton} \cdot 0,04 \text{ m/s}}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \cdot 0,5 \cdot 2,01 \cdot 1 \cdot 1 \\
&= 20,5 \text{ Ton.m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan, digunakan rubber fender dengan spesifikasi sebagai berikut :

- fender SUC1000H rubber grade RS
- E (deflection 52,5%) = 29,3 Ton.m
- R (deflection 52,5%) = 66,8 Ton

Kondisi saat kapal menyentuh fender (bidang sentuh 100%), maka reaksinya :

$$\begin{aligned}
R &= \frac{1}{100\%} \times \frac{E}{E} \times R \\
R &= \frac{1}{100\%} \times \frac{20,5 \text{ Ton.m}}{29,3 \text{ Ton.m}} \times 66,8 \text{ Ton} \\
R &= 46,7 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

Kondisi saat kapal menyentuh sebagian fender (bidang sentuh 80%), maka reaksinya :

$$R = \frac{1}{80\%} \times \frac{E}{E} \times R$$

$$R = \frac{1}{80\%} \times \frac{20,5 \text{ Ton.m}}{29,3 \text{ Ton.m}} \times 66,8 \text{ Ton}$$

$$R = 58,37 \text{ Ton}$$

Pada Kapal 50.000 DWT

- Berat Kapal (DWT) = 50.000 Ton
- *Full Displacement* (W) = 66.667 Ton
- Panjang kapal (L_{oa}) = 222 m
- Lebar kapal (B) = 31,3 m
- Tinggi kapal (H) = 17,1 m
- *Draft* kapal (d) = 11,7 m
- *Berthing speed* = 93 Ton.m pada kec.
0,2 m/s
- *Berthing angle* = 10^0
- BJ air laut (ρ_o) = 1,03 Ton/m³

$$E_f = \frac{M_s \cdot V^2}{2g} C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c$$

dimana :

E_f = energi tambat (Ton.m)

M_s = berat kapal (Ton)

W = berat yang dipindahkan (Ton)

V = kecepatan tambat (m/s)

\bar{V} = Volume yang dipindahkan (m³)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

C_e = faktor eksentrisitas ($\pm 0,5$)

C_m = faktor massa

C_s = koefisien kelunakan

C_c = koefisien konfigurasi

Maka :

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B}$$

$$C_b = \frac{\bar{V}}{L_{pp} B d}$$

$$\begin{aligned}\bar{V} &= \frac{W}{\rho_o} \\ &= \frac{66.667 \text{ Ton}}{1,03 \text{ T/m}^3} \\ &= 64725,24 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 95\% L_{oa} \\ &= 95\% \cdot 222 \text{ m} \\ &= 211 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_b &= \frac{\bar{V}}{L_{pp} B d} \\ &= \frac{64725,24 \text{ m}^3}{211 \text{ m} \cdot 31,3 \text{ m} \cdot 11,7 \text{ m}} \\ &= 0,84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_m &= 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B} \\ &= 1 + \frac{3,14 \cdot 11,7 \text{ m}}{2 \cdot 0,84 \cdot 31,3 \text{ m}} \\ &= 1,7\end{aligned}$$

$$C_e = 0,5$$

$$C_s = 1$$

$$C_c = 1$$

$$\begin{aligned}
 E_f &= \frac{M_s \cdot V^2}{2g} C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \\
 &= \frac{50.000 \text{ Ton} \cdot 0,04 \text{ m/s}}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \cdot 0,5 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \\
 &= 86,8 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan, digunakan rubber fender dengan spesifikasi sebagai berikut :

- fender SUC2000H rubber grade R0
- E (deflection 52,5%) = 156,4 Ton.m
- R (deflection 52,5%) = 178,1 Ton

Kondisi saat kapal menyentuh fender (bidang sentuh 100%), maka reaksinya :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{100\%} \times \frac{E}{E} \times R \\
 R &= \frac{1}{100\%} \times \frac{86,8 \text{ Ton.m}}{156,4 \text{ Ton.m}} \times 178,1 \text{ Ton} \\
 R &= 98,81 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Kondisi saat kapal menyentuh sebagian fender (bidang sentuh 80%), maka reaksinya :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{80\%} \times \frac{E}{E} \times R \\
 R &= \frac{1}{80\%} \times \frac{86,8 \text{ Ton.m}}{156,4 \text{ Ton.m}} \times 178,1 \text{ Ton} \\
 R &= 123,51 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5.3 *Mooring Force*

Mooring force atau gaya tarikan kapal yang diakibatkan gaya berasal dari beban angin maupun arus yang menabrak badan kapal dan disalurkan terhadap *bollard*. Maka *bollard* dapat direncanakan sebagai berikut :

- Kecepatan angin (U) = 120 km/jam
= 33,33 m/s
- Kecepatan arus (V) = 1,01563 m/s
- ρ_a = 0,00123 Ton/m³
- C_Y = 2

Dimensi kapal 10.000 DWT

- full displacement (W) = 13.333 Ton
- Panjang Kapal (L_{pp}) = 140 m
- *Draft* maksimum (d) = 7,9 m
- Lebar kapal (B) = 18,5 m
- Tinggi kapal (H) = 10,5 m

Dimensi kapal 50.000 DWT

- full displacement (W) = 66.667 Ton
- Panjang Kapal (L_{pp}) = 222 m
- *Draft* maksimum (d) = 11,7 m
- Lebar kapal (B) = 31,3 m
- Tinggi kapal (H) = 17,1 m

5.3.1 Beban Angin

Gaya tarikan yang disebabkan oleh angin yang berhembus ke arah tegak lurus dengan garis pantai mengakibatkan badan kapal yang berada diatas permukaan terkena beban angin sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

Kapal 10.000 DWT

$$A_T = \text{light draf} \cdot B$$

$$= (H - \left(\frac{W-DWT}{DWT} \right) \cdot d) \cdot B$$

$$\begin{aligned}
&= (10,5 - (\frac{13.333 \text{ ton} - 10.000 \text{ ton}}{10.000 \text{ ton}}) \cdot 7,9 \\
&\quad \text{m}) \cdot 18,5 \text{ m} \\
&= 1101,37 \text{ m}^2 \\
R_x &= \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_T C_Y \\
&= \frac{1}{2} \cdot 0,00123 \text{ Ton/m}^3 \cdot 1111,11 \\
&\quad (\text{m/s})^2 \cdot 1101,37 \text{ m}^2 \cdot 2 \\
&= 1505 \text{ kN} = 150,5 \text{ Ton} \\
&\text{Kapal 50.000 DWT} \\
A_T &= \text{light draf} \cdot B \\
&= (H - (\frac{W - DWT}{DWT}) \cdot d) \cdot B \\
&= (17,1 - (\frac{66.667 \text{ ton} - 50.000 \text{ ton}}{50.000 \text{ ton}}) \cdot \\
&\quad 11,7 \text{ m}) \cdot 31,3 \text{ m} \\
&= 2930,38 \text{ m}^2 \\
R_x &= \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_T C_Y \\
&= \frac{1}{2} \cdot 0,00123 \text{ Ton/m}^3 \cdot 1111,11 \\
&\quad (\text{m/s})^2 \cdot 2930,38 \text{ m}^2 \cdot 2 \\
&= 4005 \text{ kN} = 400,5 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

5.3.2 Beban Arus

Gaya tarikan tidak hanya disebabkan oleh angin yang berhembus tetapi arus yang berasal dari arah sejajar dengan garis pantai mengakibatkan haluan kapal yang berada dibawah permukaan air terkena beban arus sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

Kapal 10.000 DWT

$$\begin{aligned}
 S &= B \cdot d \\
 &= 18,5 \text{ m} \cdot 7,9 \text{ m} \\
 &= 146,15 \text{ m}^2 \\
 R_f &= 0,0014 \cdot S \cdot V^2 \\
 &= 0,0014 \cdot 146,15 \text{ m}^2 \cdot 1,0315 \\
 &\quad (\text{m/s})^2 \\
 &= 0,21 \text{ kN} = 0,021 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Kapal 50.000 DWT

$$\begin{aligned}
 S &= B \cdot d \\
 &= 31,3 \text{ m} \cdot 11,7 \text{ m} \\
 &= 366,21 \text{ m}^2 \\
 R_f &= 0,0014 \cdot S \cdot V^2 \\
 &= 0,0014 \cdot 366,21 \text{ m}^2 \cdot 1,0315 \\
 &\quad (\text{m/s})^2 \\
 &= 0,53 \text{ kN} = 0,053 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Total beban yang terjadi pada *bollard* adalah

Pada kapal 10.000 DWT

$$\begin{aligned}
 R_r &= \sqrt{R_x^2 + R_f^2} \\
 &= \sqrt{150,5^2 + 0,021^2} \\
 &= 150,52 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Direncanakan *bollard* dengan kapasitas 300 kN atau 30 Ton. maka jumlah minimum yang dibutuhkan adalah

$$n = \frac{R_r}{\text{kapasitas bollard}} = \frac{150,52 \text{ ton}}{30 \text{ ton}} = 5,017 \approx 6$$

- Gaya tiap *bollard*

$$R_r = 150,52 \text{ ton} / 6 = 25,09 \text{ ton}$$

- bila terhadap sudut 45^0

$$\begin{aligned} R_r 45^0 &= \sin 45^0 \cdot R_r \\ &= \sin 45^0 \cdot 25,09 \text{ ton} \\ &= 17,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

- bila terhadap sudut 30^0

$$\begin{aligned} R_r 30^0 &= \sin 30^0 \cdot R_r \\ &= \sin 30^0 \cdot 25,09 \text{ ton} \\ &= 12,545 \text{ ton} \end{aligned}$$

- bila terhadap sudut 90^0

$$\begin{aligned} R_r 90^0 &= \sin 90^0 \cdot R_r \\ &= \sin 90^0 \cdot 25,09 \text{ ton} \\ &= 25,09 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pada kapal 50.000 DWT

$$\begin{aligned} R_r &= \sqrt{R_x^2 + R_f^2} \\ &= \sqrt{400,5^2 + 0,053^2} \\ &= 400,5 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Direncanakan *bollard* dengan kapasitas 800 kN atau 80 Ton. maka jumlah minimum yang dibutuhkan adalah

$$n = \frac{R_r}{\text{kapasitas bollard}} = \frac{400,5 \text{ ton}}{80 \text{ ton}} = 5,006 \approx 6$$

- Gaya tiap *bollard*

$$R_r = 400,5 \text{ ton} / 6 = 66,75 \text{ ton}$$

- bila terhadap sudut 45^0

$$\begin{aligned} R_r 45^0 &= \sin 45^0 \cdot R_r \\ &= \sin 45^0 \cdot 66,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$= 47,2 \text{ ton}$$

- bila terhadap sudut 30^0

$$\begin{aligned} R_r 30^0 &= \sin 30^0 \cdot R_r \\ &= \sin 30^0 \cdot 66,75 \text{ ton} \\ &= 33,388 \text{ ton} \end{aligned}$$

- bila terhadap sudut 90^0

$$\begin{aligned} R_r 90^0 &= \sin 90^0 \cdot R_r \\ &= \sin 90^0 \cdot 66,75 \text{ ton} \\ &= 66,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

5.4 Beban Arus

Beban Arus pada pondasi tiang yang berada di air dapat dihitung dengan :

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2$$

Direncanakan tiang pancang dermaga dengan kedalaman 13 m dengan diameter tiang 1,2192 m dan kecepatan arus sebesar 1,01563 m/s.

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2$$

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,03 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,219 \text{ m} \cdot 13 \text{ m} \cdot \\ &\quad (1,01563 \text{ m/s})^2 \end{aligned}$$

$$F_D = 828,7106 \text{ kg}$$

Untuk beban merata pada tiang setinggi 13 m, maka

$$F_D = 828,7106 \text{ kg} / 13 \text{ m}$$

$$F_D = 63,747 \text{ kg/m}$$

Direncanakan tiang pancang *trestle* dengan kedalaman 5 m dengan diameter tiang 1,016 m dan kecepatan arus sebesar 1,01563 m/s.

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2$$

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,03 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,016 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot (1,01563 \text{ m/s})^2$$

$$F_D = 269,862 \text{ kg}$$

Untuk beban merata pada tiang setinggi 5 m,
maka

$$F_D = 269,862 \text{ kg} / 5 \text{ m}$$

$$F_D = 53,972 \text{ kg/m}$$

5.5 Beban Gempa

Gempa pada struktur dermaga direncanakan menggunakan periode ulang 1.000 tahun yang terdapat pada SNI 2833 – 2016. Beban gempa akan dihitung dengan perhitungan respon spektrum sebagai berikut:

Penentuan Kelas Situs dari data tanah BHL-5

Depth	Type of Soil	N-SPT	Grafik SPT	di/Ni
(m)				
0	Pasir berkerkil	0		
-1	Pasir berkerkil	17		0,05882
-2	Batu kapur	34		0,02941
-3	Batu kapur	51		0,01961
-4	Batu kapur	50		0,02
-5	Batu kapur	49		0,02041
-6	Batu kapur	48		0,02083
-7	Batu kapur	50		0,01987
-8	Batu kapur	53		0,01899
-9	Batu kapur	55		0,01818
-10	Batu kapur	54		0,01852
-11	Batu kapur	53		0,01887
-12	Batu kapur	52		0,01923
-13	Batu kapur	52		0,01935
-14	Batu kapur	51		0,01948
-15	Batu kapur	51		0,01961
-16	Batu kapur	54		0,01852
-17	Batu kapur	57		0,01754
-18	Batu kapur	60		0,01667
-19	Batu kapur	60		0,01667
-20	Batu kapur	60		0,01667
-21	Batu kapur	60		0,01667
-22	Batu kapur	60		0,01667
-23	Batu kapur	60		0,01667
-24	Batu kapur	60		0,01667
-25	Batu kapur	59		0,01705
-26	Batu kapur	57		0,01744
-27	Batu kapur	56		0,01786
-28	Batu kapur	57		0,01744
-29	Batu kapur	59		0,01705
-30	Batu kapur	60		0,01667
				0,59741

Nilai N rata - rata:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

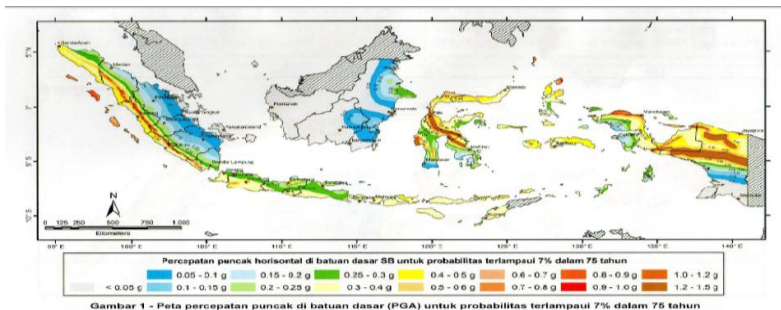
Kedalaman total = 30 m

N rata2 = 50,22

Berdasarkan SNI 2833 – 2016 Tabel 2 tanah termasuk dalam situs tanah sedang (SC)

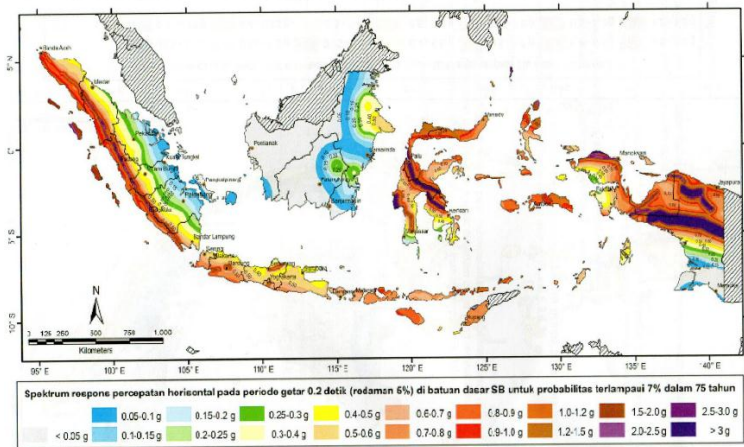
Menentukan Nilai F_{PGA} , S_s dan S_1

Nilai S_s dan S_1 dapat diambil dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1.000 tahun pada SNI 2833 – 2016 yaitu pada gambar



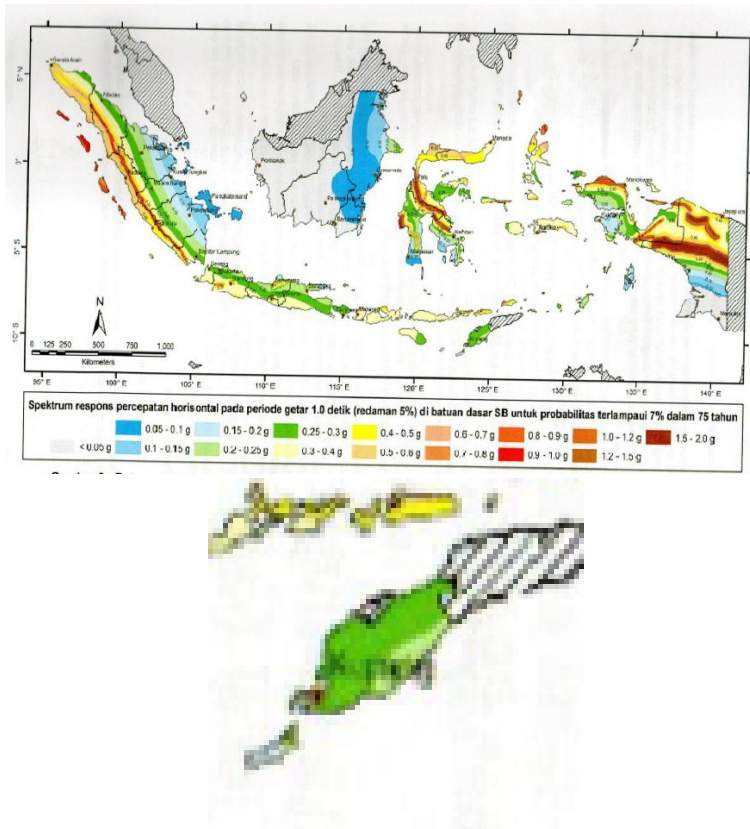
Gambar 5. 4 Peta Gambar 1 SNI 2833-2016 dan lokasi perencanaan dermaga

Berdasarkan gambar diatas didapat nilai $F_{PGA} = 0,3$



Gambar 5. 5 Peta Gambar 2 SNI 2833-2016 dan lokasi perencanaan dermaga

Berdasarkan gambar diatas didapat nilai $S_s = 0,7$



Gambar 5. 6 Peta Gambar 3 SNI 2833-2016 dan lokasi perencanaan dermaga

Berdasarkan gambar diatas didapat nilai $S_1 = 0,25$

Menentukan Faktor Amplifikasi (F_a)

Nilai faktor amplifikasi untuk periode 0,2 detik didapatkan dari tabel 3 SNI 2833-2016 sebagai berikut

Tabel 5. 1 Tabel Nilai Faktor Amplifikasi (Fa) SNI 2833-2016

Tabel 3 - Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	PGA \leq 0,1 $S_s \leq 0.25$	PGA = 0,2 $S_s = 0.5$	PGA = 0,3 $S_s = 0.75$	PGA = 0,4 $S_s = 1.0$	PGA > 0,5 $S_s \geq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dari tabel diatas pada nilai $S_s = 0,7$ pada kelas situs tanah sedang (SC) nilai faktor amplifikasi (Fa) diperoleh dari perhitungan interpolasi = 1,12 dan nilai $F_{PGA} = 1,11$

Menentukan Faktor Amplifikasi (Fv)

Menentukan Faktor Amplifikasi untuk periode 1 detik dari tabel 4 SNI 2833-2016 sebagai berikut

Tabel 4 - Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dari tabel diatas pada nilai $S_1 = 0,25$ pada kelas situs tanah sedang (SC) nilai faktor amplifikasi (Fv) diperoleh dari perhitungan interpolasi = 1,55

Parameter Percepatan Spektra

Parameter percepatan spektra untuk nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam

75 tahun (P_{GA} , S_s dan S_1) serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_a dan F_v . Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times P_{GA}$$

$$A_s = 1,11 \times 0,3$$

$$A_s = 0,33$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

$$S_{DS} = 1,12 \times 0,7$$

$$S_{DS} = 0,784$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1$$

$$S_{D1} = 1,55 \times 0,25$$

$$S_{D1} = 0,3875$$

Grafik Respons Spektrum

Untuk membuat grafik respons spektrum, menentukan nilai T_o dan T_s lebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut

$$T_s = S_{D1} / S_{DS}$$

$$T_s = 0,3875 / 0,784$$

$$T_s = 0,494 \text{ detik}$$

$$T_o = 0,2 \cdot T_s$$

$$T_o = 0,2 \cdot 0,494$$

$$T_o = 0,0989 \text{ detik}$$

Untuk percepatan spektra dapat dihitung dengan

1. Untuk $T < T_o$, nilai C_{sm} sebagai berikut

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_o} + A_s$$

2. Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, C_{sm} sebagai berikut

$$C_{sm} = S_{DS}$$

3. Untuk nilai $T > T_s$, nilai C_{sm} sebagai berikut

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

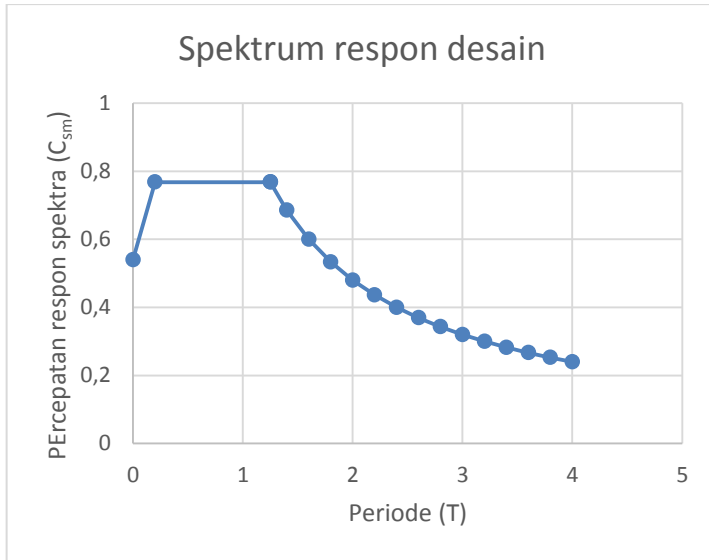
Perhitungan Percepatan Spektra

sebagai berikut

Tabel 5. 2 Perhitungan Percepatan Spektra

T (detik)	C_{sm} (g)
0	0,33
0,099	0,784
0,494	0,784
0,494	0,784
1,4	0,2768
1,6	0,2422
1,8	0,2153
2	0,1938
2,2	0,1761
2,4	0,1615
2,6	0,149
2,8	0,1384
3	0,1292
3,2	0,1211
3,4	0,114
3,6	0,1076
3,8	0,102
4	0,0969

Berikut adalah grafik Respon Spektrum untuk periode gempa 1.000 tahun pada Dermaga Semen Kupang



Gambar 5. 7 Grafik Respons Spektrum

5.6 Pelat

Dalam menentukan tebal plat minimum dermaga, harus memenuhi sesuai SNI T 12 2004 pasal 5.5.2. Dengan data sebagai berikut:

Pada Dermaga

- Lebar pelat (b_{pelat}) = 5000 mm
- Panjang pelat (L_{pelat}) = 8000 mm
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c)

$$4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{30} \text{ MPa} = 25742,96 \text{ MPa}$$

- $D \geq 100 + 40(l) \text{ mm}$
 $D \geq 100 + 40 \cdot (8 \text{ m}) \text{ mm}$
 $D \geq 100 + 320 \text{ mm}$
 $D \geq 420 \text{ mm}$
- $D \geq 200$

Pada *Trestle*

- Lebar pelat (b_{pelat}) = 3000 mm
- Panjang pelat (L_{pelat}) = 5000 mm
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c)

$$4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{30} \text{ MPa} = 25742,96 \text{ MPa}$$

- $D \geq 100 + 40(l) \text{ mm}$

$$D \geq 100 + 40 \cdot (5 \text{ m}) \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 300 \text{ mm}$$

- $D \geq 200$

Menurut SNI 2847 2013 pada pasal 9.5.2.2 Tabel 9.5 (a), apabila lendutan tidak dihitung dan dimana kedua ujung menerus maka tebal pelat dihitung:

Pada Dermaga

- $D \geq l/28$
 $D \geq 8000 \text{ mm}/28$
 $D \geq 286 \text{ mm}$

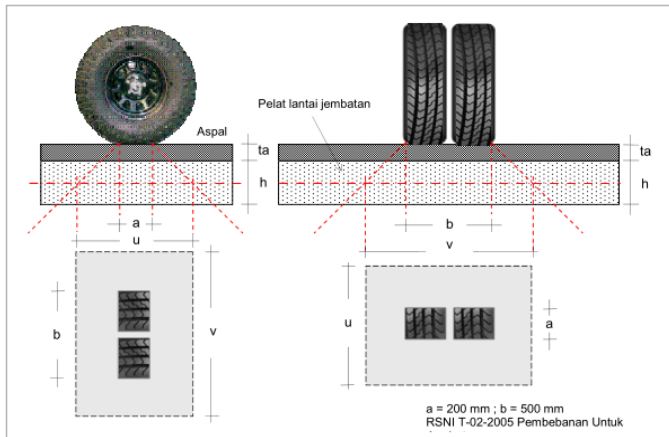
Pada *Trestle*

- $D \geq l/28$
 $D \geq 5000 \text{ mm}/28$
 $D \geq 178,6 \text{ mm}$

Maka tebal pelat pada dermaga yang digunakan 420 mm dengan menggunakan beton pracetak 220 mm dan *cast insitu* 200 mm. Untuk tebal pelat *trestle* digunakan *cast insitu* 300 mm.

5.6.1 Kontrol Akibat Geser Pons

Kontrol akibat geser pons pada pelat dermaga dapat dihitung sebagai berikut,



$$a = 200 \text{ mm}$$

$$ta = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$t = 420 \text{ mm}$$

$$fc' = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban } P \text{ roda} = 112,5 \text{ kN}$$

$$bo = 2 \times (0,5 t + a)$$

$$bo = 2 \times (0,5 \times 420 \text{ mm} + 200 \text{ mm})$$

$$bo = 820 \text{ mm}$$

$$do = 2 \times (0,5 t + b)$$

$$do = 2 \times (0,5 \times 420 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$$

$$do = 1.420 \text{ mm}$$

$$U = 2 \times (bo + do) \quad (\text{Keliling kritis})$$

$$U = 2 \times (820 \text{ mm} + 1.420 \text{ mm})$$

$$U = 4.480 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{b}{a} \\ \beta &= \frac{500 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ \beta &= 2,5\end{aligned}$$

Mencari geser ultimate pelat

$$V_{nc} = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{\sqrt{f'c'}}{6} \cdot U \cdot d < V_c = \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot U \cdot b$$

$$V_{nc} = \left(1 + \frac{2}{2,5}\right) \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}}}{6} \cdot 4.480 \text{ mm} \cdot 420 \text{ mm}$$

$$V_{nc} = 3.091.784 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}}}{3} \cdot 4.480 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}$$

$$V_c = 4.089.662 \text{ N}$$

$$V_{nc} < V_c \text{ OK}$$

$$V_u < 0,6 V_c$$

$$V_u = 1,8P$$

$$V_u = 1,8 \times 112,5 \text{ kN}$$

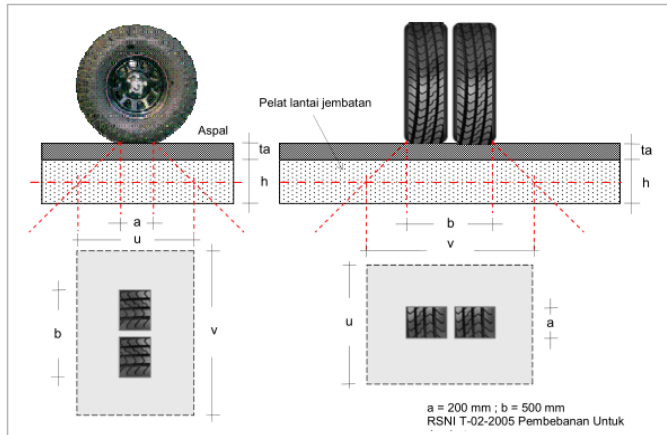
$$V_u = 202,5 \text{ kN} = 202.500 \text{ N}$$

$$0,6 V_c = 0,6 \times 4.089.662 \text{ N}$$

$$0,6 V_c = 2.453.797 \text{ N}$$

$$V_u < 0,6 V_c \text{ OK}$$

Kontrol akibat geser pons pada pelat trestle dapat dihitung sebagai berikut,



$$a = 200 \text{ mm}$$

$$ta = 200 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$t = 300 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban } P \text{ roda} = 112,5 \text{ kN}$$

$$bo = 2 \times (0,5 t + a)$$

$$bo = 2 \times (0,5 \times 300 \text{ mm} + 200 \text{ mm})$$

$$bo = 700 \text{ mm}$$

$$do = 2 \times (0,5 t + b)$$

$$do = 2 \times (0,5 \times 300 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$$

$$do = 1.300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 U &= 2 \times (b_o + d_o) && \text{(Keliling kritis)} \\
 U &= 2 \times (700 \text{ mm} + 1.300 \text{ mm}) \\
 U &= 4.000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{b}{a} \\
 \beta &= \frac{500 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 \beta &= 2,5
 \end{aligned}$$

Mencari geser ultimate pelat

$$\begin{aligned}
 V_{nc} &= \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{\sqrt{f'c'}}{6} \cdot U \cdot d < V_c = \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot U \cdot b \\
 V_{nc} &= \left(1 + \frac{2}{2,5}\right) \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}}}{6} \cdot 4.000 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \\
 V_{nc} &= 1.971.801 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}}}{3} \cdot 4.000 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} \\
 V_c &= 3.651.484 \text{ N} \\
 V_{nc} &< V_c \text{ OK}
 \end{aligned}$$

$$V_u < 0,6 V_c$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,8P \\
 V_u &= 1,8 \times 112,5 \text{ kN} \\
 V_u &= 202,5 \text{ kN} = 202.500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0,6 V_c = 0,6 \times 3.651.484 \text{ N}$$

$$0,6 V_c = 2.190.890 \text{ N}$$

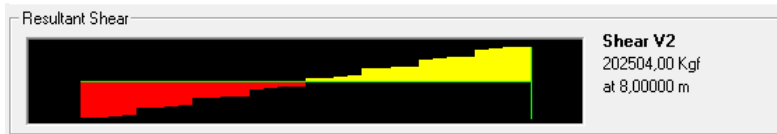
$$V_u < 0,6 V_c \text{ OK}$$

5.7 Balok

Desain balok tidak boleh kurang dengan ketentuan SNI T 12 2005 pasal 9.2.1 sebagai berikut

$$\begin{aligned} : \quad h &\geq 165 + 0,06(l) \text{ mm} & l \text{ balok} &= 8.000 \text{ mm} \\ h &\geq 165 + 0,06 (8000 \text{ mm}) \\ h &\geq 165 + 480 \text{ mm} \\ h &\geq 645 \text{ mm} \end{aligned}$$

Apabila balok direncanakan dengan dimensi 800/1500, serta terdapat beban crane 32.000 kg/roda, dengan terdapat 8 roda crane tiap 1 m pada balok memanjang, maka pada output SAP2000.



Dari hasil SAP2000, didapatkan nilai V_u sebesar

$$V_u = 202505 \text{ kg} = 2025040 \text{ N}$$

$$-V_c = 1/6 \sqrt{f'c'} b d = 0,9bd$$

$$-V_s = 1/3 \sqrt{f'c'} b d = 1,8bd$$

$$-\frac{V_u}{\phi} = V_c + V_s$$

$$V_u = 0,75 (V_c + V_s)$$

$$2025040 \text{ N} = (0,9bd + 1,8bd) \cdot 0,75$$

$$2025040 \text{ N} = 2,1bd$$

$$bd = 985920,1 \text{ mm}^2$$

Direncanakan selimut balok 100 mm dengan tulangan lentur 25 mm dan tulangan geser 13 mm.

$$d_{\text{rencana}} = h \text{ balok} - \text{selimut balok} - \text{diameter tulangan geser} - \text{diameter tulangan utama}/2$$

$$= 1.500 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2$$

$$= 1374,5 \text{ mm}$$

$$bd = 985920 \text{ mm}^2$$

$$b \cdot 1374,5 \text{ mm} = 985920 \text{ mm}^2$$

$$b = 717 \text{ mm}$$

$$b \text{ yang dipakai} = 800 \text{ mm}$$

maka dimensi balok crane yang digunakan 800/1.500

$$L/b_{ef} \leq 240b_{ef}/D$$

$$8000/800 \leq 240 \cdot 800 / 1.500$$

$$10 \leq 128 \quad \text{OK}$$

Pada dermaga untuk balok memanjang, balok memanjang crane, balok melintang dan balok list plank direncanakan berukuran 800/1.500 mm untuk balok fender direncanakan 800/3.000 mm.

Pada *trestle* untuk balok memanjang dan balok melintang direncanakan berukuran 800/1.500 mm.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERHITUNGAN STRUKTUR

6.1 Balok Dermaga

Direncanakan balok dermaga dengan data-data sebagai berikut :

Lebar balok komposit	$b_{\text{balok komposit}}$	=	800 mm
Tinggi balok komposit	$h_{\text{balok komposit}}$	=	1.500 mm
Lebar balok pracetak	$b_{\text{balok pracetak}}$	=	800 mm
Tinggi balok pracetak	$h_{\text{balok pracetak}}$	=	1.080 mm
Tebal pelat	h_{pelat}	=	420 mm
Mutu beton	f_c	=	30 MPa
Mutu tulangan	f_y	=	390 MPa
Berat jenis beton	BJ beton	=	2.400 kg/m ³
Decking		=	100 mm
Beban pekerja	P	=	200 kg/m ²
tulangan sengkang		=	D-13
tulangan utama		=	D-25

tinggi efektif balok komposit

$$d = h_{\text{balok komposit}} - \text{decking} - \text{tul. sengkang} - 0,5 \text{ tul. utama}$$

$$d = 1.500 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 0,5 \times 25 \text{ mm}$$

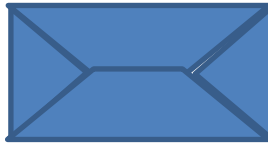
$$d = 1.374,5 \text{ mm}$$

tinggi efektif half beam

$$d = h_{\text{balok pracetak}} - \text{decking} - \text{tul. sengkang} - 0,5 \text{ tul. utama}$$

$$d = 1.080 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 0,5 \times 25 \text{ mm}$$

$$d = 954,5 \text{ mm}$$



Gambar 6. 1 Distribusi beban pelat ke balok

6.1.1 Balok Memanjang

Panjang balok

$$L = 8000 \text{ mm} \quad Lx = 2500 \text{ mm}$$

Perhitungan beban pada balok

beban mati

- berat sendiri balok

$$= b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2.880 \text{ kg/m}$$

- berat pelat 2 trapesium

$$= 2 \times \text{luas trapesium} \times h_{\text{pelat}} / L \times \text{BJ beton}$$

$$= 2 \times [8 \text{ m} + (8 \text{ m} - 2,5 \text{ m})/2 \times 2,5 \text{ m}/2] \times 0,42 \text{ m} / 8 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 3465 \text{ kg/m}$$

- berat total

$$= 2.880 \text{ kg/m} + 3465 \text{ kg/m}$$

$$= 6.345 \text{ kg/m}$$

beban hidup

- beban pekerja

$$= \text{beban pekerja} \times Lx \text{ pelat}$$

$$= 200 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m}$$

$$= 1.000 \text{ kg/m}$$

Beban dan Momen ultimate

$$Q_u = 1,3qD + 1,8qL$$

$$Q_u = 1,3 \times 6.345 \text{ kg/m} + 1,8 \times 1.000 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 10.048,5 \text{ kg/m}$$

$$M_u = 1/8 Q_u L^2$$

$$M_u = 1/8 \times 10.048,5 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2$$

$$M_u = 80388 \text{ kg.m}$$

$$M_u = 803.880.000 \text{ N.mm}$$

Balok Pracetak

Direncanakan balok pracetak dengan menggunakan tulangan 6D25 maka :

$$A_s = n \times 0,25\pi D^2$$

$$A_s = 6 \times 0,25 \times 3,14 \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_s = 2.945,243 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 2.945,243 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}$$

$$T = 1.148.645 \text{ N}$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c \cdot b)$$

$$a = 1.148.645 \text{ N} / (0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 800 \text{ mm})$$

$$a = 56,31 \text{ mm}$$

$$M_u = 0,85 \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$M_u = 0,85 \times 1.148.645 \text{ N} \times (954,5 \text{ mm} - 56,31 \text{ mm} / 2)$$

$$M_u = 904.437.068,1 \text{ N.mm} > 803.880.000 \text{ N.mm} \text{ OK}$$

Balok Komposit

Direncanakan balok komposit dengan menggunakan tulangan 10D25 maka :

$$M = 2.104.330.000 \text{ N.mm (output SAP 2000)}$$

$$A_s = n \times 0,25\pi D^2$$

$$A_s = 10 \times 0,25 \times 3,14 \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_s = 4.908,739 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 4.908,739 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}$$

$$T = 1.914.408 \text{ N}$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c \cdot b)$$

$$a = 1.914.408 \text{ N} / (0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 800 \text{ mm})$$

$$a = 93,84 \text{ mm}$$

$$M_u = 0,85 \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$M_u = 0,85 \times 1.914.408 \text{ N} \times (1374,5 \text{ mm} - 93,84 \text{ mm} / 2)$$

$$M_u = 2.160.297.460 \text{ N.mm} > 2.104.330.000 \text{ N.mm} \text{ **OK**}$$

6.1.2 Balok Melintang

Panjang balok

$$L = 2500 \text{ mm}$$

Perhitungan beban pada balok

beban mati

- berat sendiri balok

$$= b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3 \\
&= 2.880 \text{ kg/m} \\
&\text{- berat pelat 2 trapesium} \\
&= 2 \times \text{luas segitiga} \times h_{\text{pelat}} / L \times \text{BJ beton} \\
&= 2 \times [1/2 \times 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}/2] \times 0,42 \text{ m} / 8 \text{ m} \times \\
&\quad 2.400 \text{ kg/m}^3 \\
&= 2.520 \text{ kg/m} \\
&\text{- berat total} \\
&= 2.880 \text{ kg/m} + 2.520 \text{ kg/m} \\
&= 5.400 \text{ kg/m} \\
&\underline{\text{beban hidup}} \\
&\text{- beban pekerja} \\
&= \text{beban pekerja} \times L \times \text{pelat} \\
&= 200 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \\
&= 1.000 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

Beban dan Momen ultimate

$$\begin{aligned}
Q_u &= 1,3q_D + 1,8q_L \\
Q_u &= 1,3 \times 5.400 \text{ kg/m} + 1,8 \times 1.000 \text{ kg/m} \\
Q_u &= 8.820 \text{ kg/m} \\
M_u &= 1/8 Q_u L^2 \\
M_u &= 1/8 \times 8.820 \text{ kg/m} \times (5 \text{ m})^2 \\
M_u &= 27562,5 \text{ kg.m} \\
M_u &= 275.625.000 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

Balok Pracetak

Direncanakan balok pracetak dengan menggunakan tulangan 4D25 maka :

$$A_s = n \times 0,25\pi D^2$$

$$A_s = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_s = 1.963,495 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 1.963,495 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}$$

$$T = 765.763 \text{ N}$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c \cdot b)$$

$$a = 765.763 \text{ N} / (0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 800 \text{ mm})$$

$$a = 37,54 \text{ mm}$$

$$M_u = 0,85 \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$M_u = 0,85 \times 765.763 \text{ N} \times (954,5 \text{ mm} - 37,54 \text{ mm} / 2)$$

$$M_u = 609.066.308,9 \text{ N.mm} > 275.625.000 \text{ N.mm} \textbf{ OK}$$

Balok Komposit

Direncanakan balok komposit dengan menggunakan tulangan 16D25 maka :

$$M = 3.992.039.000 \text{ N.mm (output SAP 2000)}$$

$$A_s = n \times 0,25\pi D^2$$

$$A_s = 16 \times 0,25 \times 3,14 \times (25 \text{ mm})^2$$

$$A_s = 9.852,035 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 9.852,035 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}$$

$$T = 3.842.293 \text{ N}$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c \cdot b)$$

$$a = 3.842.293 \text{ N} / (0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 800 \text{ mm})$$

$$a = 188,35 \text{ mm}$$

$$M_u = 0,85 \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$M_u = 0,85 \times 3.842.293 \text{ N} \times (1374,5 \text{ mm} - 188,35 \text{ mm} / 2)$$

$$M_u = 4.181.480.463 \text{ N.mm} > 3.992.039.000 \text{ N.mm} \textbf{OK}$$

Apabila diambil nilai kebutuhan tulangan (As) dari SAP2000 untuk penulangan atas, bawah, memanjang, geser dan torsi didapatkan :

Tabel 6. 1 Rekapitulasi kebutuhan penulangan balok dermaga

Balok		Tumpuan mm^2	Lapangan mm^2	Memanjang mm^2
Memanjang	Tekan	5.334,115	1.774	2.748,097
	Tarik	2.035	5.334,115	
Melintang	Tekan	7.016,913	2.118	1.374,09
	Tarik	3.874	9.828,854	
Crane	Tekan	6.409,63	2162	2.748,097
	Tarik	2.375	5.840,283	
List Plank	Tekan	4.593,537	1.827	2.748,097
	Tarik	2.273	6.192,599	
Fender	Tekan	4.411,632	1.215	5.716,19
	Tarik	700	4.210,207	

Balok	Geser + Torsi mm^2/mm
Memanjang	1,974
Melintang	5,006
Crane	5,128
List Plank	1,71
Fender	1,002

Tabel 6. 2 Contoh hasil output SAP2000 untuk penulangan balok

1	Concrete Design 2 - Beam Summary Data - ACI 318-05/IBC2003	DesignSect	DesignType	Status	Location	FlopCombo	FlopArea	FlopCombo	FlopArea	VCombo	VRebar
2		Text	Text	Text	mm	Text	mm ²	Text	mm ²	Text	mm ² /mm
3											
4	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	0 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		2435,381	CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C	0 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
5	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		1894,743	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1,2C	51,1 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
6	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		1829,88	CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C	0 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
7	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	1000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		1139,586	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	833,407 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
8	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	1000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		1205,256	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	483,897 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
9	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	1500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		899,834	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	1507,011 CASE III 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
10	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	1500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		992,538	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	1113,289 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
11	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	2000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		706,101	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2088,548 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
12	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	2000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		809,955	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	1677,629 CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
13	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	2500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		552,971	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2538,446 CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
14	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	2500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		656,887	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2160,622 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
15	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	3000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		437,356	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2886,467 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,254 CASE II	0,254 CASE II
16	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	3000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		532,506	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2565,829 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
17	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	3500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		357,792	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3152,504 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,707 CASE II	0,707 CASE II
18	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	3500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		456,167	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	2884,419 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,268 CASE II	0,268 CASE II
19	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	4000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		309,041	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3324,273 CASE I 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,268 CASE II	0,268 CASE II
20	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	4000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		367,844	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3120,84 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,262 CASE II	0,262 CASE II
21	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	4500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		289,984	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3408,692 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,262 CASE II	0,262 CASE II
22	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	4500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		333,161	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3273,052 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,278 CASE II	0,278 CASE II
23	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	5000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		300,464	CASE I 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3405,128 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,278 CASE II	0,278 CASE II
24	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	5000 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		329,518	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3341,458 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,275 CASE II	0,275 CASE II
25	Blk Induk Memanjang 800/1500	Beam	No Messages	5500 CASE I 1,2D+1,6UD+1,1,2C		341,187	CASE IV 1,2D+1,6UD+1,1M+1C	3319,573 CASE II 1D+1,6UD+1,1M+1C		0,275 CASE II	0,275 CASE II

Untuk mencari jumlah tulangan tarik / tekan, pinggang dan sengkang :

- Tul. Tarik atau Tekan :

$$\frac{F_{topArea} \text{ atau } F_{botArea} + \frac{1}{4} T_{LngArea} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Direncanakan Tualangan D25

Pada Tumpuan Balok Memanjang ;

$$F_{top Area} = 5.334,115 \text{ mm}^2$$

$$F_{bot Area} = 2.035 \text{ mm}^2$$

$$T_{LngArea} = 2.748,097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tul. Tarik} = \frac{5.334,115 \text{ mm}^2 + \frac{1}{4} 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

$$\text{Tul. Tarik} = 11 \text{ D25}$$

$$\text{Tul. Tekan} = \frac{2.035 \text{ mm}^2 + \frac{1}{4} 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

$$\text{Tul. Tarik} = 5 \text{ D25}$$

- Tul. Pinggang :

$$\frac{\frac{1}{2} T_{LngArea} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Direncanakan Tualangan D25

$$\frac{\frac{1}{2} \cdot 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

Tul. Pinggang / memanjang = 3 D25

- Tul. Sengkang :

$$\frac{\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1000 \text{ mm (mm}^2\text{)}}{TTrnRebarx2x1.000 + VRebarx1.000 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

Direncanakan Tualangan D13

Tul. Sengkang =

$$\frac{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{1,974 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

Tul. Sengkang = D13 – 50 mm

Dipasang 2 kaki = $2 \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 / s$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 / 50 \text{ mm}$$

$$= 5,309 \text{ mm}^2/\text{mm} > 1,974 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

OK

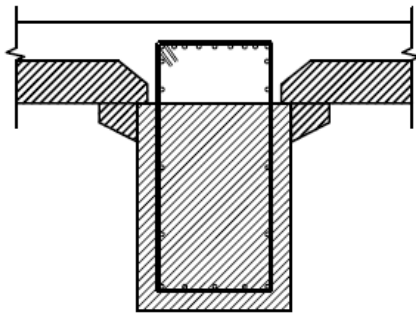
Tabel 6. 3 Rekapitulasi Penulangan balok dermaga

Balok Memanjang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	11D25	5D25	3D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	11D25	3D25	2 kaki D13-150
Balok Melintang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	15D25	9D25	2D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	21D25	2D25	2 kaki D13-150
Balok Memanjang Crane 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	14D25	6D25	3D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	12D25	3D25	2 kaki D13-150
Balok List Plank 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	10D25	6D25	3D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	13D25	3D25	2 kaki

				D13-200
Balok Fender 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Senggang
Tumpuan	9D25	2D25	6D25	2 kaki D13-100
Lapangan	3D25	9D25	6D25	2 kaki D13-200

6.1.3 Perencanaan Tumpuan

Gambar 6. 2 Balok sebagai tumpuan



Perhitungan pembebanan

q_D = beban mati

q_D = BJ beton x t_{pelat} x $\frac{1}{2}$ bentang

q_D = $2,4 \text{ ton/m}^3 \times 0,42 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$

q_D = 2,52 Ton/m

qL = beban hidup

qL = beban hidup pekerja x L_{pelat}

$$qL = 0,2 \text{ Ton/m}^2 \times 5 \text{ m}$$

$$qL = 1 \text{ Ton/m}$$

$$q_u = 1,3qD + 1,8qL$$

$$q_u = 1,3 \times 2,52 \text{ Ton/m} + 1,8 \times 1 \text{ Ton/m}$$

$$q_u = 5,08 \text{ Ton/m}$$

$$V_u = 1 \text{ m} \times q_u$$

$$V_u = 1 \text{ m} \times 5,08 \text{ Ton/m}$$

$$V_u = 5,08 \text{ Ton}$$

$$V_u = 5,08 \text{ Ton}$$

$$V_u = 25.380 \text{ N} < B_n = 1.275.000 \text{ N OK}$$

Kontrol tegangan geser pada tumpuan

$$\phi V_u < V_c + V_s$$

$$0,75 \cdot 5,08 \text{ Ton} < 1/6 \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot a + \frac{b \cdot d}{3}$$

$$38.070 \text{ N} < 1/6 \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} + \frac{200 \text{ mm} \cdot 420 \text{ mm}}{3}$$

$$38.070 \text{ N} < 46.257,4 \text{ N OK}$$

6.2 Pelat Dermaga

Direncanakan pelat dengan data-data sebagai berikut

:

Tebal total pelat (t) = 420 mm

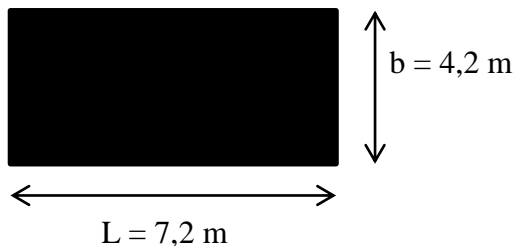
Tebal pracetak (t_1) = 220 mm

Tebal topping (t_2) = 200 mm

Pelat direncanakan berukuran

$$8 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 0,8 - \frac{1}{2} \times 0,8 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$$

$$5 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 0,8 - \frac{1}{2} \times 0,8 \text{ m} = 4,2 \text{ m}$$



Gambar 6. 3 Skema dimensi pelat A1 pada dermaga

Dalam pemasangan dibutuhkan lebar tambahan untuk pelat sebesar 5 cm sehingga :

$$\text{Panjang pelat (l)} = 7,2 \text{ m} + (2 \times 0,05) \text{ m} = 7,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pelat (b)} = 4,2 \text{ m} + (2 \times 0,05) \text{ m} = 4,3 \text{ m}$$

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{7,3 \text{ m}}{4,3 \text{ m}} = 1,7 < 2$$

Pelat tergolong tipe pelat dua arah (*two way slab*)

6.2.1 Perhitungan Tulangan Pelat

Pelat direncanakan dengan data-data sebagai berikut

:

- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa

- Kuat leleh tulangan (f_y) = 390 MPa

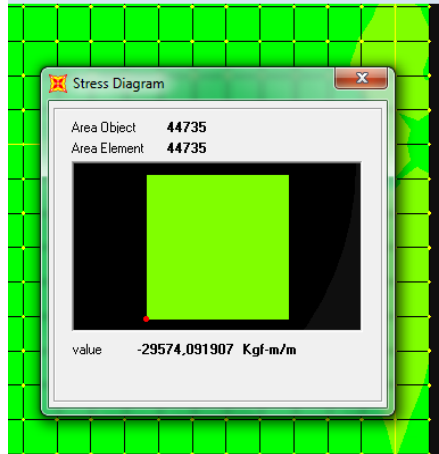
- BJ beton (γ_c) = 2.400 kg/m³

- Decking = 40 mm

- Faktor reduksi ϕ = 0,80

Dari hasil permodelan SAP 2000 didapat momen uktimate sebesar :

$$M_u = 29574,1 \text{ kg.m}$$



Gambar 6. 4 Hasil momen dari output SAP2000
Direncanakan pelat dengan tulangan D-19

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

d = tinggi pelat – decking – (diameter tulangan /2)

$$d = 420 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 19\text{mm}/2$$

$$d = 342 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{295.741.000 \text{ N.mm}}{0,80 \times 1.000 \text{ mm} \times (342 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 3,16$$

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{0,05(fc' - 28)}{7} \right)$$

$$\beta = 0,84$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,84 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 3,16}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,00868$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,00868$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00868 \times 1.000 \text{ mm} \times 342 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2968,657 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 75 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 3780,383 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 2968,657 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan Susut

$$\text{Mutu tulangan} = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y} \\ &= \frac{0,0018 \cdot 420}{390 \text{ MPa}} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

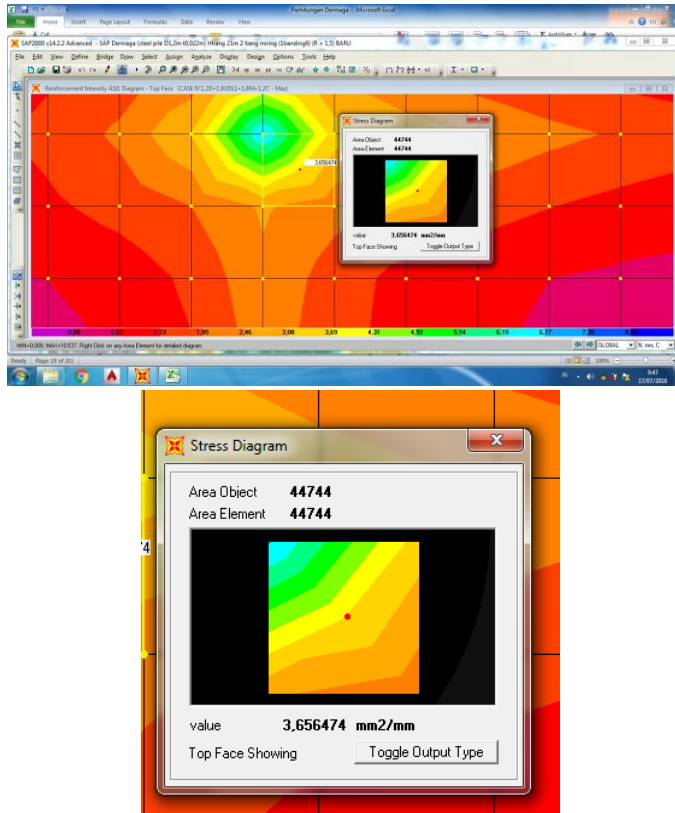
$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - D/2 \\ &= 420 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 19 \text{ mm}/2 \\ &= 370,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho b d \\ &= 0,002 \times 1.000 \text{ mm} \times 370,5 \text{ mm} \\ &= 741 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka dipakai tulangan D19 – 200}$$

$$A_s \text{ pakai} = 1.417,64 \text{ mm}^2$$

Hasil rekapitulasi dapat diambil melalui output SAP2000 :



Gambar 6. 5 Hasil As (luas kebutuhan tulangan) dari output SAP2000

Kebutuhan tulangan = $3,656 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Digunakan tulangan :

$D = 19 \text{ mm}$

$s = 75 \text{ mm}$

$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$

$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 75 \text{ mm})$

$$A_s \text{ pakai} = 3.780,383 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 3.656 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tabel 6. 4 Rekapitulasi penulangan pelat

Tipe Pelat	Dimensi	As pasang
Pelat A1	7,3 m x 4,3 m	D19 - 75
Pelat A2	7,3 m x 1,4 m	D19 - 75
Pelat A3	1,9 m x 4,3 m	D19 - 75
Pelat A4	1,4 m x 1,9 m	D19 - 75
Pelat fix crane	4 m x 4 m	D22 - 100

6.2.2 Perhitungan Kontrol Pelat Pracetak

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Kuat tekan beton :

$$f_c' = 30 \text{ MPa (umur 28 hari)}$$

$$f_{ci}' = 0,88 f_c' = 26,4 \text{ MPa (umur 14 hari)}$$

$$f_{ci}' = 0,65 f_c' = 19,5 \text{ MPa (umur 7 hari)}$$

$$f_{ci}' = 0,45 f_c' = 13,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

- Kuat leleh baja, $f_y = 390 \text{ MPa}$

- Diameter tulangan, $D = 19 \text{ mm}$

- Tebal pelat pracetak, $t_1 = 220 \text{ mm}$

- Tebal pelat *insitu*, $t_2 = 200 \text{ mm}$

Perhitungan pembebanan

- beban mati (qD)

$$\text{berat pelat pracetak} = t_1 \times \text{BJ beton}$$

$$= 0,22 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 &= 528 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{berat pelat } insitu &= t_2 \times \text{BJ beton} \\
 &= 0,2 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 480 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{berat pelat (qD)} &= 528 \text{ kg/m}^2 + 480 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 1.008 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- Beban hidup (qL)} & \\
 \text{beban pekerja} &= 1 \text{ m}^2 \times 200 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban - beban yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{- } q_u \text{ saat pengangkatan} &= 1,3 \times 528 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 686,4 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- } q_u \text{ saat pemasangan} &= 1,3 \times 528 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 686,4 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- } P_u \text{ saat pemasangan} &= 1,8 \times 200 \text{ kg} \\
 &= 360 \text{ kg} \\
 \text{- } q_u \text{ saat pengecoran} &= 1,3 \times 1.008 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 1.310,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Tahanan

$$\begin{aligned}
 \text{- Momen tahanan arah x} \\
 0,5 b &= 0,5 \times 430 \text{ cm} \\
 0,5 b &= 215 \text{ cm} \\
 W_x &= 1/6 \times 0,5 b \times h^2 \\
 W_x &= 1/6 \times 215 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2 \\
 W_x &= 17.343,33 \text{ cm}^3 \\
 \text{- Momen tahanan arah y} \\
 0,5 b &= 0,5 \times 730 \text{ cm} \\
 0,5 b &= 365 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

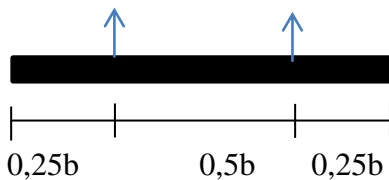
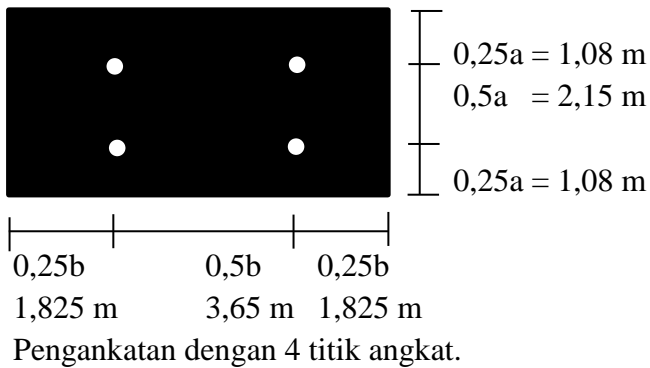
$$W_x = 1/6 \times 0,5 \times b \times h^2$$

$$W_x = 1/6 \times 365 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2$$

$$W_x = 14.923 \text{ cm}^3$$

Kontrol Saat Pengangkatan

berikut adalah skema rencana titik angkat pada pelat pracetak :



Gambar 6. 6 Skema pengangkatan pada pelat pracetak

$$f_{ci}' = 13,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}'}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{13,5 \text{ MPa}}$$

$$f_r = 2,6 \text{ MPa}$$

$$f_r = 26 \text{ kg/cm}^2$$

berat sendiri pracetak = $686,4 \text{ kg/m}^2$

$$M_x = 0,0107 \times q_u \times a^2 \times b$$

$$M_x = 0,0107 \times 686,4 \text{ kg/m}^2 \times (4,3 \text{ m})^2 \times 7,3 \text{ m}$$

$$M_x = 502,458 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times q_u \times a \times b^2$$

$$M_y = 0,0107 \times 686,4 \text{ kg/m}^2 \times 4,3 \text{ m} \times (7,3 \text{ m})^2$$

$$M_y = 432,348 \text{ kg.m}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\sigma_x = M_x / W_x$$

$$\sigma_x = 148.700,4 \text{ kg.cm} / 17.343,33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = 8,6 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 26 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

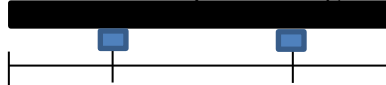
$$\sigma_y = M_y / W_y$$

$$\sigma_y = 252.444,8 \text{ kg.cm} / 29.443 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_y = 8,6 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 26 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Saat Penumpukan

Penumpukan dengan 2 tumpuan



$$0,5 b = 3,65 \text{ m}$$

Gambar 6. 7 Skema penumpukan pelat pracetak pada

$$i_c = 13,5 \text{ MPa (umur 5 hari)}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci'}}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{13,5} \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,6 \text{ MPa}$$

$$f_r = 26 \text{ kg/cm}^2$$

berat pelat per meter

$$\begin{aligned}
 &= 1,3 (1 \text{ m} \times t \times \gamma_c) \\
 &= 1,3 (1 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 686,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Momen tahanan

$$\begin{aligned}
 W_x &= 1/6 \times b/2 \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 365 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2 \\
 &= 29.443,33 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_x &= 1/6 \times b/2 \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 215 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2 \\
 &= 17.343,33 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$M_x = 1/8 q_u L^2 + 1/4 P_u L$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 1/8 \times 686,4 \text{ kg/m} \times (7,3 \text{ m})^2 + \\
 &\quad 1/4 \times 360 \text{ kg} \times 7,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$M_x = 2.689,125 \text{ kg.m}$$

$$M_x = 1/8 q_u L^2 + 1/4 P_u L$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 1/8 \times 686,4 \text{ kg/m} \times (4,3 \text{ m})^2 + \\
 &\quad 1/4 \times 360 \text{ kg} \times 4,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$M_y = 1.092,085 \text{ kg.m}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\sigma_x = M_x / W_x$$

$$\sigma_x = 403.368,8 \text{ kg.cm} / 19.443,33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = 14 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 26 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

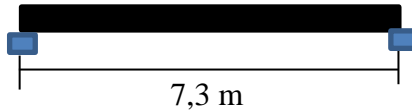
$$\sigma_y = M_y / W_y$$

$$\sigma_y = 163.812,8 \text{ kg.cm} / 17.343 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_y = 9,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 26 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Saat Pemasangan

Pemasangan dengan 2 tumpuan



Gambar 6. 8 Skema pemasangan pelat pracetak

$$f_c' = 19,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{19,5} \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 31 \text{ kg/cm}^2$$

berat pelat per meter

$$= 1,3 (1 \text{ m} \times t \times \gamma_c)$$

$$= 1,3 (1 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 686,4 \text{ kg/m}$$

Momen tahanan

$$W_x = 1/6 \times a \times t^2$$

$$= 1/6 \times 730 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2$$

$$= 58.886,67 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 1/6 \times a \times t^2$$

$$= 1/6 \times 430 \text{ cm} \times (22 \text{ cm})^2$$

$$= 34.686,67 \text{ cm}^3$$

$$M_x = 1/8 q_u L^2 + 1/4 P_u L$$

$$M_x = 1/8 \times 686,4 \text{ kg/m} \times (7,3 \text{ m})^2 +$$

$$1/4 \times 360 \text{ kg} \times 7,3 \text{ m}$$

$$M_x = 2.689,1 \text{ kg.m}$$

$$M_x = 1/8 q_u L^2 + 1/4 P_u L$$

$$M_x = 1/8 \times 686,4 \text{ kg/m} \times (4,3 \text{ m})^2 +$$

$$1/4 \times 360 \text{ kg} \times 4,3 \text{ m}$$

$$M_y = 1.029,1 \text{ kg.m}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\sigma_x = M_x / W_x$$

$$\sigma_x = 403.368,8 \text{ kg.cm} / 58.886,67 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = 6,8 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 31 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

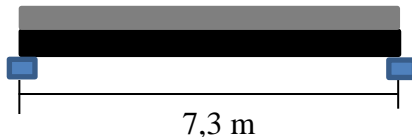
$$\sigma_y = M_y / W_y$$

$$\sigma_y = 163.812,8 \text{ kg.cm} / 34.687 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_y = 4,7 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 31 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Saat Pengecoran

Pengecoran dengan 2 tumpuan



Gambar 6. 9 Skema pengecoran overtopping pelat

$$f_c' = 19,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{19,5} \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 31 \text{ kg/cm}^2$$

berat pelat per meter

$$= 1,3 (1 \text{ m} \times t \times \gamma_c)$$

$$= 1,3 (1 \text{ m} \times 0,42 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 1.310,4 \text{ kg/m}$$

Momen tahanan

$$W_x = 1/6 \times a \times t^2$$

$$\begin{aligned}
&= 1/6 \times 730 \text{ cm} \times (42 \text{ cm})^2 \\
&= 214620 \text{ cm}^3 \\
W_y &= 1/6 \times a \times t^2 \\
&= 1/6 \times 430 \text{ cm} \times (42 \text{ cm})^2 \\
&= 126.420 \text{ cm}^3 \\
M_x &= 1/8 \text{ qu } L^2 + 1/4 \text{ Pu } L \\
M_x &= 1/8 \times 1.310,4 \text{ kg/m} \times (7,3 \text{ m})^2 + \\
&\quad 1/4 \times 360 \text{ kg} \times 7,3 \text{ m} \\
M_x &= 9.385,903 \text{ kg.m} \\
M_y &= 1/8 \text{ qu } L^2 + 1/4 \text{ Pu } L \\
M_y &= 1/8 \times 1.310,4 \text{ kg/m} \times (4,3 \text{ m})^2 + \\
&\quad 1/4 \times 360 \text{ kg} \times 4,3 \text{ m} \\
M_y &= 3415,662 \text{ kg.m} \\
\sigma_x &= M_x / W_x \\
\sigma_x &= 1.407.885 \text{ kg.cm} / 214.620 \text{ cm}^3 \\
\sigma_x &= 6,6 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr} = 31 \text{ kg/cm}^2 \textbf{OK} \\
\sigma_y &= M_y / W_y \\
\sigma_y &= 512.349,3 \text{ kg.cm} / 126.420 \text{ cm}^3 \\
\sigma_y &= 4,1 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr} = 31 \text{ kg/cm}^2 \textbf{OK}
\end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
\delta_{ijin} &= 1/360 L \\
\delta_{ijin} &= 1/360 \times 430 \text{ cm} \\
\delta_{ijin} &= 1,72 \text{ cm} \\
w &= t_{\text{pelat}} \times L_x \times \gamma_c \\
w &= 0,42 \text{ m} \times 4,30 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3 \\
w &= 4.334,4 \text{ kg/m} = 43,34 \text{ kg/cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E &= 4700 = \sqrt{19,5} \text{ MPa} \\
E &= 20.754,64 \text{ MPa} \\
E &= 207.546,4 \text{ kg/cm}^2 \\
L &= 4,3 \text{ m} \\
L &= 4,3 \text{ cm} \\
I &= 1/12 \times Lx \times t_{\text{pelat}}^3 \\
I &= 1/12 \times 4,3 \text{ m} \times (0,42 \text{ m})^3 \\
I &= 0,026548 \text{ m}^4 = 2654820 \text{ cm}^4 \\
\delta &= \frac{5}{384} \times \frac{w}{E} \times \frac{L^4}{I} \\
\delta &= \frac{5}{384} \times \frac{43,34 \text{ kg/m}}{207.546,4 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{34.188.010.000 \text{ cm}^4}{2.654.820 \text{ cm}^4} \\
\delta &= 0,04 \text{ cm} < 1,72 \text{ cm} \text{ OK}
\end{aligned}$$

6.2.3 Perhitungan Tulangan Angkat

Perhitungan Pembebanan

- beban mati (qD)

$$\begin{aligned}
\text{berat pelar pracetak} &= 1,3 \times b \times t_l \times \gamma_c \\
&= 1,3 \times 4,3 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \\
&\quad \times 2.400 \text{ kg/m}^3 \\
&= 2.951,52 \text{ kg/m} \\
\text{berat stud+tul. angkat} &= 10\% \times \text{berat pelat} \\
&\quad \text{pracetak} \\
&= 10\% \times 2.951,52 \text{ kg/m} \\
&= 295,152 \text{ kg/m} \\
\text{beban mati (qD)} &= 2951,52 \text{ kg/m} + \\
&\quad 295,152 \text{ kg/m} \\
&= 3.246,672 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- beban hidup (qL)} \\
 & \text{beban pekerja} \quad = 1 \text{ m}^2 \times 200 \text{ kg/m}^2 \\
 & \quad = 200 \text{ kg} \\
 & \text{- beban total yang harus diangkat (q}_{\text{total}}\text{)} \\
 & \text{beban mati total} \quad = qD \times L \\
 & \quad = 3.246,672 \text{ kg/m} \times 7,3 \text{ m} \\
 & \quad = 23.700,71 \text{ kg} \\
 & \text{beban hidup total} \quad = \text{beban pekerja} \\
 & \quad = 200 \text{ kg} \\
 & \text{beban total (q}_{\text{total}}\text{)} \quad = 23.700,71 \text{ kg} + 200 \text{ kg} \\
 & \quad = 23.900,71 \text{ kg} \\
 & \quad = 23,9 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Digunakan crane untuk mengangkat pelat pracetak dengan kapasitas angkat 40 Ton

beban yang diterima setiap titik angkat

$$\begin{aligned}
 & = q_{\text{total}} / n \\
 & = 23.900,71 \text{ kg} / 4 \\
 & = 5.975,176 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bj} & = f_y / 1.5 \\
 & = 390 \text{ MPa} / 1,5 \\
 & = 260 \text{ MPa} = 2.600 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s & = P / \sigma_{bj} \\
 & = 5.975,176 \text{ kg} / 2.600 \text{ kg/cm}^2 \\
 & = 2,30 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan angkat :

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,9 \text{ cm})^2$$

$$A_s = 2,84 \text{ cm}^2 > 2,30 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

6.2.4 Perhitungan Stud

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Kuat tekan beton :

$$f_c' = 30 \text{ MPa (umur 28 hari)}$$

$$f_{ci}' = 88\%f_c' = 26,4 \text{ MPa (umur 14 hari)}$$

$$f_{ci}' = 65\%f_c' = 19,5 \text{ MPa (umur 7 hari)}$$

$$f_{ci}' = 45\%f_c' = 13,5 \text{ MPa (umur 3 hari)}$$

- Berat jenis beton

$$\gamma_c = 2.400 \text{ kg/m}^3$$

- Kuat leleh baja

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

- Modulus elastisitas baja

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

- Diameter tulangan pelat

$$D = 19 \text{ mm}$$

- Tebal pelat pracetak

$$t_1 = 220 \text{ mm}$$

- Tebal pelat overtopping

$$t_2 = 200 \text{ mm}$$

- Dimensi pelat

$$b = 4.200 \text{ mm} + (2 \times 50 \text{ mm}) = 4.300 \text{ mm}$$

$$L = 7.200 \text{ mm} + (2 \times 50 \text{ mm}) = 7.300 \text{ mm}$$

$$d = \text{tinggi pelat} - \text{cover} -$$

$$(\text{diameter tulangan} / 2)$$

$$= 420 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (19 \text{ mm} / 2)$$

$$= 370,5 \text{ mm}$$

- Dimensi balok

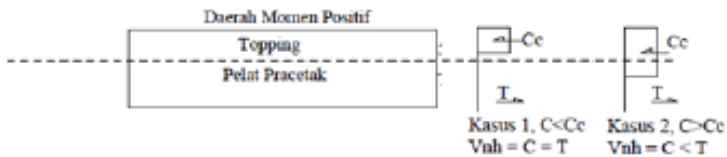
$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 1.500 \text{ mm}$$

$$d = \text{tinggi balok} - \text{cover} - \text{sengkalang} - (\text{diameter tulangan} / 2)$$

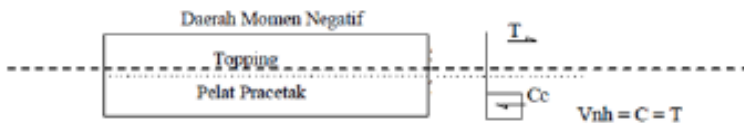
$$= 1.500 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (25 \text{ mm} / 2)$$

$$= 1.374,5 \text{ mm}$$



Kasus 1 : gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat.

Kasus 2 : gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat.



$$C_c = 0,85f_c' \times A_{\text{topping}}$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 200 \text{ mm} \times 1.000 \text{ mm}$$

$$= 5.100.000 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D-13 untuk stud, maka :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2$$

$$A = 132,7 \text{ mm}^2$$

$$V_{nh} = C = T$$

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 132,7 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}$$

$$= 51.765,59 \text{ N}$$

$$0,55 A_c = 0,55 \cdot b_v \cdot d$$

$$= 0,55 \times 1.000 \text{ mm} \times 370,5 \text{ mm}$$

$$= 203.775 \text{ N}$$

syarat :

$$V_{nh} < 0,55 A_c$$

$$51.765,59 \text{ N} < 203.775 \text{ N} \text{ OK}$$

Direncanakan stud

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ min} &= 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{bw-s}{f_y} \\ &= 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{1.000 \text{ mm} - 400 \text{ mm}}{390 \text{ MPa}} \\ &= 348,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned} &= \frac{0,35 \times bw \times s}{f_y} \\ &= \frac{0,35 \times 1.000 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}}{390 \text{ MPa}} \\ &= 358,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A = A_s \text{ stud} \times (1.000 \text{ mm} / s + 1)$$

$$= 132,7 \text{ mm}^2 \times (1.000 \text{ mm} / 400 \text{ mm} + 1)$$

$$= 464,563 \text{ mm}^2 > A_v \text{ min} = 358,97 \text{ mm}^2$$

OK

6.2.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan antar pelat pracetak dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 yaitu diambil yang terbesar dari

a. panjang minimum adalah 200 mm

$$b. l_{dc} = \frac{0,24 f_y \cdot d_b}{\lambda \sqrt{f_c}} = \frac{0,24 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 19 \text{ mm}}{1 \sqrt{30 \text{ MPa}}} = 324,69 \text{ mm}$$

$$c. l_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 19 \text{ mm} = 318,63 \text{ mm}$$

maka dipakai panjang penyaluran 330 mm

6.2.6 Rekapitulasi Jenis Pelat

Tabel 6. 5 Kontrol saat pengangkatan pelat pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Kontrol saat pengangkatan				kontrol
	b	l	σ_x	σ_x ijin	σ_y	σ_y ijin	
	(m)	(m)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
Pelat A1	4,3	7,3	8,6	26	8,6	26	OK
Pelat A2	1,4	7,3	2,8	26	2,8	26	OK
Pelat A3	1,9	4,3	2,2	26	2,2	26	OK
Pelat A4	1,4	1,9	0,7	26	0,7	26	OK

Tabel 6. 6 Kontrol saat penumpukan pelat pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Kontrol saat penumpukan				kontrol
	B	l	σ_x	σ_x ijin	σ_y	σ_y ijin	
	(m)	(m)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
Pelat A1	4,3	7,3	13,7	26	9,4	26	OK
Pelat A2	1,4	7,3	13,7	26	5,3	26	OK
Pelat A3	1,9	4,3	9,4	26	6	26	OK
Pelat A4	1,4	1,9	6	26	5,3	26	OK

Tabel 6. 7 Kontrol saat pemasangan pelat pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Kontrol saat pemasangan				kontrol
	b	l	σ_x	σ_x ijin	σ_y	σ_y ijin	
	(m)	(m)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
Pelat A1	4,3	7,3	6,8	31	4,7	31	OK
Pelat A2	1,4	7,3	6,8	31	2,7	31	OK
Pelat A3	1,9	4,3	4,3	31	3	31	OK
Pelat A4	1,4	1,9	3	31	2,7	31	OK

Tabel 6. 8 Kontrol saat pengecoran pelat pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Kontrol saat pengecoran				kontrol
	b	l	σ_x	$\sigma_{x \text{ ijin}}$	σ_y	$\sigma_{y \text{ ijin}}$	
	(m)	(m)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
Pelat A1	4,3	7,3	6,6	31	4,1	31	OK
Pelat A2	1,4	7,3	6,6	31	4,1	31	OK
Pelat A3	1,9	4,3	4,1	31	2	31	OK
Pelat A4	1,4	1,9	2	31	1,6	31	OK

Tabel 6. 9 Tulangan angkat pelat pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Tulangan angkat			kontrol
	b	l	$A_{s \text{ perlu}}$	A_s		
	(m)	(m)	cm ²	cm ²	D	
Pelat A1	4,2	7,2	2,3	2,84	19	OK
Pelat A2	1,3	3,6	0,76	2,84	19	OK
Pelat A3	1,8	4,2	0,61	2,84	19	OK
Pelat A4	1,3	1,8	0,76	2,84	19	OK

6.3 Balok Trestle

Dalam merencanakan Balok digunakan data-data sebagai berikut :

Lebar balok	b_{balok}	= 800 mm
Tinggi balok	h_{balok}	= 1.500 mm
Tebal pelat	h_{pelat}	= 300 mm
Mutu beton	f_c	= 30 MPa
Mutu tulangan	f_y	= 390 MPa
Berat jenis beton	BJ beton	= 2.400 kg/m ³
Decking		= 100 mm
Beban pekerja	P	= 200 kg/m ²
tulangan sengkang		= D-13
tulangan utama		= D-25

Untuk mencari jumlah tulangan tarik / tekan, pinggang dan sengkang :

- Tul. Tarik atau Tekan :

$$\frac{F_{\text{topArea}} \text{ atau } F_{\text{botArea}} + \frac{1}{4} T_{\text{LngArea}} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

- Tul. Pinggang :

$$\frac{\frac{1}{2} T_{\text{LngArea}} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

- Tul. Sengkang :

$$\frac{\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1000 \text{ mm } (mm^2)}{T_{\text{TrnRebar}} \times 2 \times 1.000 + V_{\text{Rebar}} \times 1.000 (mm^2)}$$

Dari hasil SAP2000 didapat kebutuhan tulangan untuk balok - balok pada Trestle :

Tabel 6. 10 Rekapitulasi kebutuhan penulangan balok *trestle*

Balok		Tumpuan mm^2	Lapangan mm^2	Memanjang mm^2
Memanjang	Tekan	1.050,273	117	0
	Tarik	121	627,085	
Melintang	Tekan	1.503,274	1.759,384	2.748,097
	Tarik	211	19	

Balok	Geser + Torsi mm^2/mm
Memanjang	0
Melintang	0,765

Tabel 6. 11 Hail output SAP2000 untuk penulangan balok trestle

Concrete Design 2 - Beam Summary Data - ACI 318-05/IBC2003													
1	2	3	DesignSect	DesignType	Status	Location	FlopCombo	FlopArea mm2	FbotCombo Text	FbotArea mm2	VCombo Text	VRelbar mm2/mm	
			Text	Text	Text	mm	Text		Text				
0074	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			3000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	127,557	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0075	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			3500	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	98,542	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	56,122	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0076	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			4000	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	234,933	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0077	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			4500	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	395,03	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0078	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			5000	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	578,951	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0079	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	187,491	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0080	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	218,511	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0081	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			1000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+1+1,8KE3+1,2C	226,966	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0082	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			1500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	224,719	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0083	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			2000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	208,614	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0084	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			2500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	172,217	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0085	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			3000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	118,863	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0086	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			3500	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	86,789	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	40,157	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0087	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			4000	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	219,794	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0088	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			4500	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	376,491	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0089	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			5000	CASE 11,3D+1,8UD+2+1,8KE3+1,2C	556,996	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0090	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			0	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	270,641	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0091	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	304,384	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0092	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			1000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	312,842	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0093	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			1500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	295,851	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0094	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			2000	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	253,425	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE
0095	Balok Induk memanjang 800/1500	Beam	No Messages			2500	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE 11,3D+1,8UD+4+1,8KE4+1,2C	188,14	CASE 1D+1UD+4+1KE7+1,2C	0	CASE

Untuk mencari jumlah tulangan tarik / tekan,
pinggang dan sengkang :

- Tul. Tarik atau Tekan :

$$\frac{F_{topArea} \text{ atau } F_{botArea} + \frac{1}{4} T_{LngArea} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Direncanakan Tualangan D25

Pada Tumpuan Balok Melintang ;

$$F_{top Area} = 1.503,274 \text{ mm}^2$$

$$F_{bot Area} = 221 \text{ mm}^2$$

$$T_{LngArea} = 2.748,097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tul. Tarik} = \frac{1.503,274 \text{ mm}^2 + \frac{1}{4} 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

$$\text{Tul. Tarik} = 4 \text{ D25}$$

$$\text{Tul. Tekan} = \frac{211 \text{ mm}^2 + \frac{1}{4} 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

$$\text{Tul. Tarik} = 1 \text{ D25, pasang } 4 \text{ D25}$$

- Tul. Pinggang :

$$\frac{\frac{1}{2} T_{LngArea} (mm^2)}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Direncanakan Tualangan D25

$$\frac{\frac{1}{2} 2.748,097 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2}$$

Tul. Pinggang / memanjang = 3 D25

- Tul. Sengkang :

$$\frac{\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1000 \text{ mm (mm}^2\text{)}}{TTrnRebarx2x1.000 + VRebarx1.000 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

Direncanakan Tualangan D13

Tul. Sengkang =

$$\frac{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{0,765 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

Tul. Sengkang = D13 – 150 mm

$$\begin{aligned} \text{Dipasang 2 kaki} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 / s \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 / 150 \text{ mm} \\ &= 0,884 \text{ mm}^2/\text{mm} > 0,765 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &\text{OK} \end{aligned}$$

Maka didapat rekapitulasi balok trestle :

Tabel 6. 12 Rekapitulasi Penulangan balok trestle

Balok Memanjang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	4D25	4D25		2 kaki D13-150
Lapangan	4D25	4D25		2 kaki D13-200

Balok Melintang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Senggang
Tumpuan	4D25	4D25	3D25	2 kaki D13-150
Lapangan	4D25	4D25	3D25	2 kaki D13-300

6.4 Pelat Trestle

Direncanakan pelat dengan data-data sebagai berikut

:

Tebal total pelat (t) = 300 mm

Pelat direncanakan berukuran 5m x 3m

Panjang pelat (l) = 5 m

Lebar pelat (b) = 2,5 m

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 2 \geq 2$$

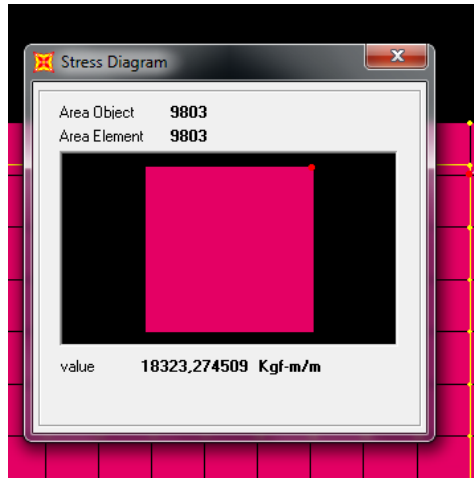
Pelat tergolong tipe pelat dua arah (*two way slab*)

Perhitungan Tulangan Pelat

Pelat direncanakan dengan data-data sebagai berikut

- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tulangan (f_y) = 390 MPa
- BJ beton (γ_c) = 2.400 kg/m³
- Decking = 30 mm
- Faktor reduksi ϕ = 0,80

Dari hasil permodelan SAP 2000 didapat momen uktimate sebesar :



Gambar 6. 10 Hasil momen dari output SAP2000
 $M_u = 18.323,3 \text{ kg.m}$

Direncanakan pelat dengan tulangan D-19

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

$d = \text{tinggi pelat} - \text{decking} - (\text{diameter tulangan} / 2)$

$$d = 300 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 19 \text{ mm} / 2$$

$$d = 232 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{183.233.000 \text{ N.mm}}{0,80 \times 1.000 \text{ mm} \times (232 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 4,6$$

$$\beta = 0,85 - \left(\frac{0,05(fc' - 28)}{7} \right)$$

$$\beta = 0,84$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,84 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 4,6}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,012015$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,012015$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,012015 \times 1.000 \text{ mm} \times 232 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2.787,552 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 100 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 2835,287 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 2.787,522 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

6.5 Perencanaan Pondasi Dermaga

Direncanakan pondasi dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$D_{\text{luar tiang}} = 1,2192 \text{ m}$$

$$t = 0,022 \text{ m}$$

$$D_{\text{dalam tiang}} = 1,1752 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{tiang baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$U_p = \text{keliling tiang}$$

$$= \pi \cdot D$$

$$= 3,14 \times 1,2192 \text{ m}$$

$$= 3,83 \text{ m}$$

$$A_{\text{total}} = \text{luas total}$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (1,2192 \text{ m})^2$$

$$= 1,17 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{tiang}} = \text{luas tiang}$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (D_{\text{luar}}^2 - D_{\text{dalam}}^2)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times$$

$$((1,2192 \text{ m})^2 - (1,1752 \text{ m})^2)$$

$$= 0,08 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{tiang}} = A_{\text{tiang}} \times \gamma_{\text{tiang baja}}$$

$$= 0,08 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= 649,5 \text{ kg/m}$$

$$I = \text{Momen inersia}$$

$$\begin{aligned}
 &= \pi/64 \cdot (D_{\text{luar}}^2 - D_{\text{dalam}}^2) \\
 &= 0,049 \times ((1,2192 \text{ m})^2 - (1,1752 \text{ m})^2) \\
 &= 0,005172 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Tabel 6. 13 Nilai SPT data tanah BHL-5

Depth	Type of Soil	N-SPT	Grafik SPT	di/Ni
(m)				
0	Pasir berkerikil	0		
-1	Pasir berkerikil	17		0,05882
-2	Batu kapur	34		0,02941
-3	Batu kapur	51		0,01961
-4	Batu kapur	50		0,02
-5	Batu kapur	49		0,02041
-6	Batu kapur	48		0,02083
-7	Batu kapur	50		0,01987
-8	Batu kapur	53		0,01899
-9	Batu kapur	55		0,01818
-10	Batu kapur	54		0,01852
-11	Batu kapur	53		0,01887
-12	Batu kapur	52		0,01923
-13	Batu kapur	52		0,01935
-14	Batu kapur	51		0,01948
-15	Batu kapur	51		0,01961
-16	Batu kapur	54		0,01852
-17	Batu kapur	57		0,01754
-18	Batu kapur	60		0,01667
-19	Batu kapur	60		0,01667
-20	Batu kapur	60		0,01667
-21	Batu kapur	60		0,01667
-22	Batu kapur	60		0,01667
-23	Batu kapur	60		0,01667
-24	Batu kapur	60		0,01667
-25	Batu kapur	59		0,01705
-26	Batu kapur	57		0,01744
-27	Batu kapur	56		0,01786
-28	Batu kapur	57		0,01744
-29	Batu kapur	59		0,01705
-30	Batu kapur	60		0,01667
				0,59741

Untuk nilai spring yang terjadi pada tiang pancang adalah

$$k = k_o \cdot y^{-1/2}$$

$$k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$$

$$E_o = 28N$$

$$k_x = k \cdot D \cdot L_i$$

$$k_v = a \cdot A_p \cdot E_p / L_i$$

Dengan :

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$a = 0,027 (l/D) + 0,2$$

$$E_p = 200.000 \text{ MPa}$$

$$l = \text{panjang tiang (21 m)}$$

Tabel 6. 14 Perhitungan spring pada data tanah BHL-5

Depth (m)	N-SPT	Es = 28 N	ko	k	kv	kx	kx = ky
		kg/cm ²	kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	kg/cm	kg/m
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	17	476,000	2,595	2,595	15528517,506	31634,115	3163411,484
-2	34	952,000	5,189	5,189	7764258,753	63268,230	6326822,968
-3	51	1428,000	7,784	7,784	5176172,502	94902,345	9490234,452
-4	50	1400,000	7,631	7,631	3882129,377	93041,514	9304151,423
-5	49	1372,000	7,479	7,479	3105703,501	91180,684	9118068,395
-6	48	1344,000	7,326	7,326	2588086,251	89319,854	8931985,366
-7	50	1409,333	7,682	7,682	2218359,644	93661,791	9366179,100
-8	53	1474,667	8,038	8,038	1941064,688	98003,728	9800372,833
-9	55	1540,000	8,394	8,394	1725390,834	102345,666	10234566,566
-10	54	1512,000	8,242	8,242	1552851,751	100484,835	10048483,537
-11	53	1484,000	8,089	8,089	1411683,410	98624,005	9862400,509
-12	52	1456,000	7,937	7,937	1294043,126	96763,175	9676317,480
-13	52	1446,667	7,886	7,886	1194501,347	96142,898	9614289,804
-14	51	1437,333	7,835	7,835	1109179,822	95522,621	9552262,128
-15	51	1428,000	7,784	7,784	1035234,500	94902,345	9490234,452
-16	54	1512,000	8,242	8,242	970532,344	100484,835	10048483,537
-17	57	1596,000	8,700	8,700	913442,206	106067,326	10606732,623
-18	60	1680,000	9,158	9,158	862695,417	111649,817	11164981,708
-19	60	1680,000	9,158	9,158	817290,395	111649,817	11164981,708
-20	60	1680,000	9,158	9,158	776425,875	111649,817	11164981,708
-21	60	1680,000	9,158	9,158	739453,215	111649,817	11164981,708
-22	60	1680,000	9,158	9,158	705841,705	111649,817	11164981,708
-23	60	1680,000	9,158	9,158	675152,935	111649,817	11164981,708
-24	60	1680,000	9,158	9,158	647021,563	111649,817	11164981,708
-25	59	1642,667	8,954	8,954	621140,700	109168,710	10916871,003
-26	57	1605,333	8,751	8,751	597250,673	106687,603	10668760,299
-27	56	1568,000	8,547	8,547	575130,278	104206,496	10420649,594
-28	57	1605,333	8,751	8,751	554589,911	106687,603	10668760,299
-29	59	1642,667	8,954	8,954	535466,121	109168,710	10916871,003
-30	60	1680,000	9,158	9,158	517617,250	111649,817	11164981,708

6.5.1 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang direncanakan dengan kedalaman 21 m.

$$\sum l_i \cdot f_i = 199,6 \text{ T/m}$$

R_f = gaya geser maksimum dinding tiang

$$= U_p \times \sum l_i \cdot f_i$$

$$= 3,83 \text{ m} \times 199,6 \text{ T/m}$$

$$= 764,51 \text{ Ton}$$

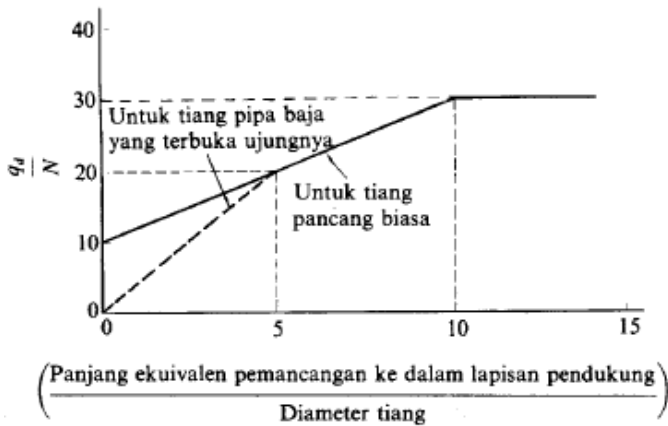
$$I/D = 6$$

I = panjang penetrasi

$$= 6 \times D$$

$$= 6 \times 1,219 \text{ m}$$

$$= 7,314$$



Gambar 6. 11 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

$$q_d = 20 \text{ N (diambil pada penarikan dari } I/D \text{ terhadap } q_d / N)$$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \times 60 \\
 &= 1.200 \text{ T/m}^2 \\
 R_t &= \text{daya dukung ujung tiang} \\
 &= qD \times A \\
 &= 1.200 \text{ T/m}^2 \times 1,17 \text{ m}^2 \\
 &= 1400,94 \text{ Ton} \\
 R_u &= R_t + R_f \\
 &= 1400,94 \text{ Ton} + 764,51 \text{ Ton} \\
 &= 2165,46 \text{ Ton} \\
 W_p &= \text{berat per tiang} \\
 &= W \text{ tiang} \times L \text{ tiang} \\
 &= 649,5 \text{ kg/m} \times 21 \text{ m} \\
 &= 13,6 \text{ Ton} \\
 SF &= \text{angka keamanan} \\
 &= 3 \text{ (untuk beban tetap)} \\
 &= 2 \text{ (untuk beban sementara)} \\
 R_a &= \text{daya dukung ijin tiang akibat beban tetap} \\
 &= (R_u/SF) - W_p \\
 &= 2165,46 \text{ Ton} / 3 - 13,6 \text{ Ton} \\
 &= 708,18 \text{ Ton} \\
 R_a &= \text{daya dukung ijin tiang akibat beban} \\
 &\quad \text{sementara} \\
 &= (R_u/SF) - W_p \\
 &= 2165,46 \text{ Ton} / 2 - 13,6 \text{ Ton} \\
 &= 1069,089 \text{ Ton} > P \text{ terjadi} = 588,186 \text{ Ton} \\
 &\quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

6.5.2 Kapasitas Cabut Tiang

SF = angka keamanan

= 3 (untuk beban tetap)

= 2 (untuk beban sementara)

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban tetap

= $(R_f/SF) + W_p$

= 764,51 Ton / 3 + 13,6 Ton

= 268,48 Ton

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban
sementara

= $(R_f/SF) + W_p$

= 764,51 Ton / 2 + 13,6 Ton

= 395,9 Ton > P terjadi = 389,362 Ton

OK

6.5.3 Daya Dukung Horizontal Pondasi Tiang

N = 17 (diambil nilai N-SPT minimal)

E_o = modulus elastisitas tanah

= 28 x N

= 28 x 17

= 476 kg/cm²

y_i = deformasi horizontal ijin

= 1 cm

k = koefisien reaksi tanah dasar

= $0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \times y_i^{-0,5}$

= $0,2 \times 476 \text{ kg/cm}^2 \times (122 \text{ cm})^{-0,75} \times (1 \text{ cm})^{-0,5}$

= 2,59 kg/cm³

$\beta = \frac{k \cdot D^{0,25}}{4E \cdot I}$

$$= \frac{2,59 \text{ kg/cm}^3 \times 122 \text{ cm}^{0,25}}{4.200.000 \text{ MPa} \times 517153,3 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,002957 \text{ cm}^{-1}$$

$$L_m = \text{virtual fixity point}$$

$$= 1/\beta \tan^{-1} 1/\beta \cdot h$$

$$= 1/0,002957 \tan^{-1} 1/0,002957 \times 21$$

$$= 532,15 \text{ cm} = 5,31 \text{ m}$$

H_a = daya dukung gaya horizontal tiang tegak

$$= \left(\frac{k \cdot D \times \frac{1}{\beta^3}}{y_i} \right)$$

$$= \left(\frac{2,59 \text{ kg/cm}^3 \cdot 121,92 \text{ cm} \times \frac{1}{0,002957 \text{ cm}^{-1^3}}}{1 \text{ cm}} \right)$$

$$= 12.234.067 \text{ ton/tiang}$$

$$H_{a \text{ ijin}} = H_a / SF$$

$$= 12.234.067 \text{ ton} / 3 \text{ (untuk beban tetap)}$$

$$= 4.078.022 \text{ ton/tiang}$$

$$H_{a \text{ ijin}} = H_a / SF$$

$$= 12.234.067 \text{ ton} / 2 \text{ (untuk beban sementara)}$$

$$= 6.117.034 \text{ ton/tiang}$$

$$M_a = \text{Momen lentur pada posisi virtual fixity point}$$

$$= H_{a \text{ ijin}} \times L_m$$

$$= 4.078.022 \text{ ton} \times 5,31 \text{ m}$$

$$= 21.660.524 \text{ ton.m (pada beban tetap)}$$

$$M_a = \text{Momen lentur pada posisi virtual fixity point}$$

$$= H_{a \text{ ijin}} \times L_m$$

$$= 6.117.034 \text{ ton} \times 5,31 \text{ m}$$

$$= 32.490.786 \text{ ton.m (pada beban sementara)}$$

6.5.4 Perhitungan Tulangan Isian Tiang Pancang

Dalam merencanakan tulangan isian untuk tiang pancang, perlu diketahui data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_c' &= \text{kuat tekan beton} \\ &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= \text{kuat leleh baja} \\ &= 390 \text{ MPa} \\ D &= \text{Diameter tiang pancang} \\ &= 1,2192 \text{ m} = 1.219,2 \text{ mm} \\ A &= \text{luas tiang pancang} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1.219,2 \text{ mm})^2 \\ &= 1.167.454 \text{ mm}^2 \\ P_u &= \text{daya dukung ijin vertikal} \\ &= 7.081.791 \text{ N} \\ h &= \text{panjang tulangan isian rencana} \\ &= 2.500 \text{ mm} \\ \phi &= \text{faktor reduksi} \\ &= 0,65 \end{aligned}$$

karena transformasi tiang menjadi persegi delapan ekuivalen, maka :

$$\begin{aligned} h' &= 0,8 \times h \\ &= 0,8 \times 2.500 \text{ mm} \\ &= 2.000 \text{ mm} \\ d &= 0,5 \times \left(h' + \frac{2h}{3} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,5 \times \left(2.000 \text{ mm} + \frac{2 \cdot 2.500 \text{ mm}}{3} \right)$$

$$= 1.833,33 \text{ mm}$$

$$b = A / h'$$

$$= 1.167.454 \text{ mm}^2 / 2.000 \text{ mm}$$

$$= 583,73 \text{ mm}$$

Tulangan tiang direncanakan saling berhadapan sehingga :

$$A_{st} = \text{luas tulangan perlu}$$

$$= 0,01 \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01 \times 583,73 \text{ mm} \times 1.833,33 \text{ mm}$$

$$= 10.701,66 \text{ mm}^2$$

$$P_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot (A - A_{st})) + (f_y \cdot A_{st})$$

$$= (0,85 \times 30 \text{ MPa} \times (1.167.454 \text{ mm}^2 -$$

$$10.701,66 \text{ mm}^2) + (390 \text{ MPa} \times 10.701,66 \text{ mm}^2)$$

$$= 33.670.834 \text{ N}$$

Kontrol

$$\phi P_n = 0,65 \times 33.670.834 \text{ N}$$

$$= 21.886.042 \text{ N} > P_u = 7.081.791 \text{ N} \text{ OK}$$

Digunakan tulangan

D = diameter tulangan

$$= 32 \text{ mm}$$

n = jumlah tulangan

$$= 14 \text{ buah}$$

A_s = luas tulangan pakai

$$= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 14 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times (32 \text{ mm})^2 \\
 &= 11.259,47 \text{ mm}^2 > A_{st} = 10.701,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

OK

6.6 Perencanaan Pile Cap

Direncanakan pile cap dengan data-data sebagai berikut :

b	= lebar pile cap = 2.000 mm
l	= panjang pile cap = 2.000 mm
h	= tebal pile cap = 1.500 mm
c	= tebal cover = 100 mm
D	= diameter rencana tulangan = 32 mm
d	= tinggi efektif = $h - c - D - \frac{1}{2}D$ = 1.500 mm – 100 mm – 32 mm – 32 mm/2
ϕ	= faktor reduksi = 0,8
f_c'	= kuat tekan beton = 30 MPa ($\beta = 0,80$)
f_y	= kuat leleh baja = 390 MPa
E_c	= modulus elastisitas beton

$$\begin{aligned}
 &= 4700\sqrt{f'c'} \\
 &= 4700\sqrt{30} \text{ MPa} \\
 &= 25742,96 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= \text{modulus elastisitas baja} \\
 &= 200.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Pile Cap

$$\begin{aligned}
 P &= 708,18 \text{ Ton (daya dukung ijin akibat} \\
 &\quad \text{beban tetap)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= P \times \text{eksentrisitas} \\
 &= 708,18 \text{ Ton} \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 863,412 \text{ Ton.m} \\
 &= 8.634.119.972 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 8.634.119.972 \text{ N.mm} / 0,8 \\
 &= 10.792.649.965 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c'}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{10.622.686.973 \text{ N.mm}}{0,80 \times 1.000 \text{ mm} \times (1.358 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 5$$

$$\beta = 0,80$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,80 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,0317$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0317$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 5}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,017475$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,017$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,017 \times 1.000 \text{ mm} \times 1.352 \text{ mm}$$

$$= 23.625 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh antar tulangan adalah

$$s = (1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b) / A_s$$

$$= (1/4 \times 3,14 \times (32 \text{ mm})^2 \times 2.000 \text{ mm}) / 23.625 \text{ mm}^2$$

$$= 68,1 \text{ mm}$$

Maka, digunakan tulangan D32 – 60

Tulangan terpasang :

$$A_{st} = 1/4 \pi D^2 \cdot (b / s)$$

$$A_{st} = 1/4 \times 3,14 \times (32 \text{ mm})^2 \times (2.000 \text{ mm} / 60 \text{ mm})$$

$$A_{st} = 26.808,26 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} > A_s \text{ perlu} = 23.625,6 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \times f_y \\ &= 26.808,26 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\ &= 10.455.220,35 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \\ &= 10.455.220,35 \text{ N} / (0,85 \times 30 \text{ MPa} \times \\ &\quad 2.000 \text{ mm}) \\ &= 205 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 10.455.220,35 \text{ N} \times (1.352 \text{ mm} - \\ &\quad 205 \text{ mm} / 2) \\ &= 10.455.220,35 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 8.634.119.972 \text{ N.mm} \quad \mathbf{OK}$$

Tabel 6. 16 Rekapitulasi penulangan pile cap

Pile Cap	Dimensi	As
Dermaga	2 m x 2 m x 1,5 m	D32 – 60
Dermaga	3 m x 4,5 m x 1,5 m	D32 – 100
Trestle	1,5 m x 1,5 m x 1,5 m	D32 – 100

6.6.1 Penulangan Virtual Kolom

Penulangan Virtual kolom berdasarkan hasil dari output SAP2000

Kebutuhan tulangan virtual Kolom dermaga 0,8 m x 0,8 m adalah 6.400 mm^2

- cek rasio tulangan : $\rho = 1\% - 6\%$

- A penampang : $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$
- $\rho = \frac{6.400 \text{ mm}^2}{640.000 \text{ mm}^2} = 0,01 = 1 \%$
- maka dipasang 14D25, $A_s = 6.872,234 \text{ mm}^2$

Kebutuhan tulangan virtual Kolom trestle 0,8 m x 0,8 m adalah 6.400 mm^2

- cek rasio tulangan : $\rho = 1\% - 6\%$
- A penampang : $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$
- $\rho = \frac{6.400 \text{ mm}^2}{640.000 \text{ mm}^2} = 0,01 = 1 \%$
- maka dipasang 14D25, $A_s = 6.872,234 \text{ mm}^2$

Panjang penyaluran tulangan kolom virtual

Panjang penyaluran tulangan kolom virtual dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 yaitu diambil yang terbesar dari

a. panjang minimum adalah 200 mm

$$\text{b. } l_{dc} = \frac{0,24 f_y \cdot d_b}{\lambda \sqrt{f_c'}} = \frac{0,24 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 25 \text{ mm}}{1 \sqrt{30 \text{ MPa}}} = 427,22 \text{ mm}$$

$$\text{c. } l_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 25 \text{ mm} \\ = 419,25 \text{ mm}$$

maka dipakai panjang penyaluran 430 mm

6.6.2 Perhitungan Shear Ring

Shear Ring dermaga diameter tiang = 1,2192 m

Berikut adalah data perhitungan shear ring

a. Dimensi poer

lebar = 2.000 mm

tinggi = 1.500 mm

b. cover	= 100 mm
c. D tiang	= 1219,2 mm
d. D dalam	= 1175,2 mm (t. tiang 22mm)
e. ϕ	= 0,7
f. mutu beton	= 30 MPa
g. mutu tulangan	= 390 MPa
h. D tul poer	= 32 mm
i. D tul, sengkang	= 13 mm
j. σ	= 460 MPa
k. tebal las	= 5 mm
l. P kerja	= 1.276.219 N

A. Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$P_{\text{beton dlm tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$

$$A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \geq 3.893.620 \text{ N}$$

$$\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 30 \text{ Mpa} \geq 3.893.620 \text{ N}$$

$$19.362.065 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

B. Kontrol retak poer

$$V_c \geq 1,6 f_c' \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 1,6 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 2.000 \text{ mm} \cdot 1471 \text{ mm}$$

$$V_c = 141.216.000 \text{ N}$$

C. Kontrol kekauan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan ijin 460 MPa dengan tebal las 5 mm. Maka kekuatan dapat dihitung

$$\text{kekuatan las} = \text{Keliling las} \cdot \text{tebal las} \cdot \sigma_e$$

$$= \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_e$$

$$= \pi \cdot 1471 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \cdot 460 \text{ MPa}$$

$$= 10.628.950 \text{ N}$$

syarata kekuata las > P kerja

$$10.628.950 \text{ N} > 1.276.219 \text{ N}$$

D. Tulangan dari tiang ke struktur atas

Perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas :

$$As \text{ perlu} \cdot f_y \text{ tulangan} = P \text{ kerja} / \phi$$

$$As \text{ perlu} = P \text{ kerja} / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan})$$

$$As \text{ perlu} = 1.276.219 \text{ N} / (0,7 \cdot 390 \text{ Mpa})$$

$$As \text{ perlu} = 4.674,795 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (D_{\text{dalam tiang}})^2 \cdot 1\%$$

$$As \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (1175,2 \text{ mm})^2 \cdot 1\% = 10.847,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang} = 14D32, As = 11.259,47 \text{ mm}^2$$

E. Jarak Shear Ring

$$n \cdot \phi \cdot s \cdot \text{kel. tiang} \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \geq Tu$$

$$2 \cdot 0,9 \cdot 250 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 1175,2 \text{ mm} \cdot \frac{1}{6} \sqrt{30} \geq Tu$$

$$1.516.644 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

$$1.516.644 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

dengan tulangan 16 mm

$$0,85 \cdot f'c' \cdot d \cdot \text{kel tiang} \geq Tu$$

$$0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 16 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 1175,2 \text{ mm} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

$$1.506.336 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

dipasang 2 D16 – 250 mm

F. Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran tekan yaitu :

$$S = db \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f'c'} \cdot A}$$

$$S = 32 \text{ mm} \cdot \frac{390 \text{ MPa}}{\sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot A}$$

$$S = 570 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot f_y = 0,04 \cdot 32 \text{ mm} \cdot 390 \text{ MPa} = 499 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} \text{faktor modifikasi} &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ pasang} \\ &= \frac{10.847,1 \text{ mm}^2}{11259,47 \text{ mm}^2} \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

maka, panjang penyaluran minimal

$$ldb \cdot \text{faktor modifikasi} = 570 \text{ mm} \times 0,96 = 549 \text{ mm}$$

dipakai jarak 600 mm

panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut SNI 2847 – 2013

$$ldh = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot db}{5 \sqrt{f_c'}}$$

$$ldh = \frac{3 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 32 \text{ mm}}{5 \sqrt{30 \text{ MPa}}}$$

$$ldh = 1.367,116 \text{ mm}$$

maka panjang penyaluran dasar minimal adalah 1.367,116 mm, sehingga dipasang 1.500 mm

G. Base Plate

Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Base plate digunakan untuk menahan beton segar saat pengisian beton isian. berat yang harus dipikul oleh base plate :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang} (t \cdot B_j \text{ Baja} + B_j \text{ beton} \cdot L) \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (1,175 \text{ m})^2 \cdot (0,01 \text{ m} \cdot 7.850 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{kg/m}^3 + 2.400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}) \\
 & = 2.688,453 \text{ kg} \\
 & = 2,7 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

perhitungan pengait base plate

$$A = P/\sigma$$

$$A = 2.688,453 \text{ kg} / 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1,68 \text{ cm}^2$$

$$A = 168,028 \text{ mm}^2$$

($\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan ijin pengait A307 dengan mutu normal)

Direncanakan menggunakan 4 pengait, maka A_s tiap pengait

$$A_s = 168,028 \text{ mm}^2 / 4 = 42,01 \text{ mm}^2$$

dipakai pengait 4 ϕ 10 ($A_s = 78,54 \text{ mm}^2$)

Shear Ring *trestle* diameter tiang = 1,016 m

Berikut adalah data perhitungan shear ring

a. Dimensi poer

$$\text{lebar} = 2.000 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi} = 1.500 \text{ mm}$$

$$\text{b. cover} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{c. D tiang} = 1219,2 \text{ mm}$$

$$\text{d. D dalam} = 1175,2 \text{ mm (t. tiang 22mm)}$$

$$\text{e. } \phi = 0,7$$

$$\text{f. mutu beton} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{g. mutu tulangan} = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{h. D tul poer} = 32 \text{ mm}$$

$$\text{i. D tul, sengkang} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{j. } \sigma = 460 \text{ MPa}$$

$$k. \text{ tebal las} = 5 \text{ mm}$$

$$l. P \text{ kerja} = 1.276.219 \text{ N}$$

A. Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P \text{ beton dlm tiang} \geq P \text{ kerja}$$

$$A \text{ beton} \cdot 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \geq 3.893.620 \text{ N}$$

$$\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 30 \text{ Mpa} \geq 3.893.620 \text{ N}$$

$$19.362.065 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

B. Kontrol retak poer

$$V_c \geq 1,6 f_c' \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 1,6 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 2.000 \text{ mm} \cdot 1471 \text{ mm}$$

$$V_c = 141.216.000 \text{ N}$$

C. Kontrol kekauan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan ijin 460 MPa dengan tebal las 5 mm. Maka kekuatan dapat dihitung

$$\text{kekuatan las} = \text{Keliling las} \cdot \text{tebal las} \cdot \sigma_e$$

$$= \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_e$$

$$= \pi \cdot 1471 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \cdot 460 \text{ MPa}$$

$$= 10.628.950 \text{ N}$$

$$\text{syarata kekuata las} > P \text{ kerja}$$

$$10.628.950 \text{ N} > 1.276.219 \text{ N}$$

D. Tulangan dari tiang ke struktur atas

Perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas :

$$A_s \text{ perlu} \cdot f_y \text{ tulangan} = P \text{ kerja} / \phi$$

$$A_s \text{ perlu} = P \text{ kerja} / (\phi \cdot f_y \text{ tulangan})$$

$$A_s \text{ perlu} = 1.276.219 \text{ N} / (0,7 \cdot 390 \text{ Mpa})$$

$$A_s \text{ perlu} = 4.674.795 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (D_{\text{dalam tiang}})^2 \cdot 1\%$$

$$As \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (1175,2 \text{ mm})^2 \cdot 1\% = 10.847,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang} = 14D32, As = 11.259,47 \text{ mm}^2$$

E. Jarak Shear Ring

$$n \cdot \phi \cdot s \cdot \text{kel. tiang} \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \geq Tu$$

$$2 \cdot 0,9 \cdot 250 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 1175,2 \text{ mm} \cdot \frac{1}{6} \sqrt{30} \geq Tu$$

$$1.516.644 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

$$1.516.644 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

dengan tulangan 16 mm

$$0,85 \cdot f'c' \cdot d \cdot \text{kel tiang} \geq Tu$$

$$0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 16 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 1175,2 \text{ mm} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

$$1.506.336 \text{ N} \geq 1.276.219 \text{ N}$$

dipasang 2 D16 – 250 mm

F. Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran tekan yaitu :

$$S = db \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f'c'} \cdot 4}$$

$$S = 32 \text{ mm} \cdot \frac{390 \text{ MPa}}{\sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 4}$$

$$S = 570 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot f_y = 0,04 \cdot 32 \text{ mm} \cdot 390 \text{ MPa} = 499 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari tulangan yang diperlukan

$$\text{faktor modifikasi} = As \text{ perlu} / As \text{ pasang}$$

$$= \frac{10.847,1 \text{ mm}^2}{11259,47 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,96$$

maka, panjang penyaluran minimal

ldb . faktor modifikasi = 570 mm x 0,96 = 549 mm

dipakai jarak 600 mm

panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut SNI 2847 – 2013

$$ldh = \frac{3 \cdot fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot db}{5 \sqrt{f'c}}$$

$$ldh = \frac{3 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 32 \text{ mm}}{5 \sqrt{30 \text{ MPa}}}$$

$$ldh = 1.367,116 \text{ mm}$$

maka panjang penyaluran dasar minimal adalah 1.367,116 mm, sehingga dipasang 1.500 mm

G. Base Plate

Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Base plate digunakan untuk menahan beton segar saat pengisian beton isian. berat yang harus dipikul oleh base plate :

$$\begin{aligned} P &= A \text{ dalam tiang (t. Bj Baja + Bj beton . L)} \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (1,175 \text{ m})^2 \cdot (0,01 \text{ m} \cdot 7.850 \\ &\quad \text{kg/m}^3 + 2.400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}) \\ &= 2.688,453 \text{ kg} \\ &= 2,7 \text{ Ton} \end{aligned}$$

perhitungan pengait base plate

$$A = P/\sigma$$

$$A = 2.688,453 \text{ kg} / 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1,68 \text{ cm}^2$$

$$A = 168,028 \text{ mm}^2$$

($\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan ijin pengait A307 dengan mutu normal)

Direncanakan menggunakan 4 pengait, maka As tiap pengait

$$As = 168,028 \text{ mm}^2 / 4 = 42,01 \text{ mm}^2$$

dipakai pengait 4 ϕ 10 ($As = 78,54 \text{ mm}^2$)

6.7 Penulangan Abutment *Trestle*

6.7.1 Data Perencanaan Abutmen

Data untuk perencanaan abutmen adalah sebagai berikut :

- γ tanah $= 1,75 \text{ t/m}^3$
- H abutment $= 5 \text{ m}$
- B abutment $= 9,8 \text{ m}$
- sudut geser tanah $= 14,9^\circ$
- panjang bentang jembatan $= 5 \text{ m}$

Beban mati struktur atas

- Pelat lantai 30 cm

$$ts \times B \times L \times BJ \text{ beton}$$

$$0,3 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 35,28 \text{ t}$$

- Air hujan 5 cm

$$ts \times B \times L \times BJ \text{ air hujan}$$

$$0,05 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3 = 2,45 \text{ t}$$

- Aspal 10 cm

$$ts \times B \times L \times BJ \text{ aspal}$$

$$0,1 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 = 10,78 \text{ t}$$

- Balok memanjang 1,5 m

$$n \times B \times h \times L \times BJ \text{ beton}$$

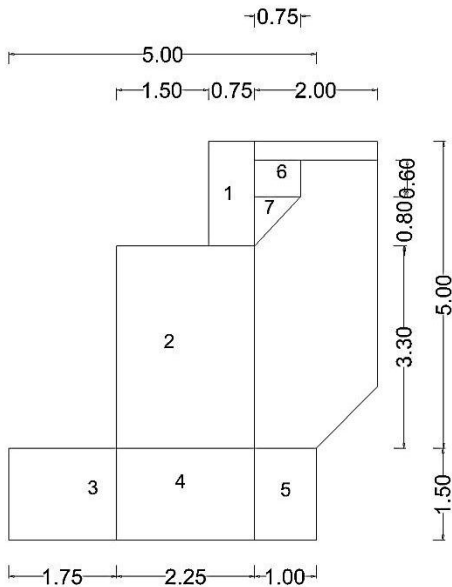
$$4 \times 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 57,6 \text{ t}$$

- Balok melintang 1,5 m

$n \times B \times h \times L \times BJ \text{ beton}$

$$3 \times 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 25,92 \text{ t}$$

P total = 132,03 t (P untuk abutment)



Gambar 6. 12 Abutmen tampak samping

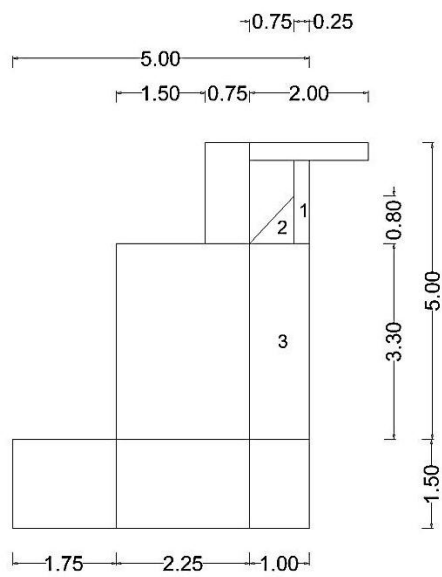
O

Tabel 6. 17 Perhitungan berat dan momen pada abutmen

Segmen	lebar	tinggi	lebar abut	Volume	Berat Jenis	Berat	Jarak X	Momen X
	(m)	(m)	(m)	m³	t/m³	t	(m)	t.m
1	0,75	1,7	9,8	12,495	2,4	29,988	3,625	108,7065
2	2,25	3,3	9,8	72,765	2,4	174,636	2,875	502,0785
3	1,75	1,5	9,8	25,725	2,4	61,74	0,875	54,0225
4	2,25	1,5	9,8	33,075	2,4	79,38	2,875	228,2175
5	1	1,7	9,8	16,66	2,4	39,984	4,5	179,928
6	0,6	0,75	9,8	4,41	2,4	10,584	4,375	46,305
7	0,75	0,8	9,8	2,94	2,4	7,056	4,25	29,988
TOTAL						403,368		1149,246

Titik Berat Abutment thdp O

$$x = \frac{\Sigma \text{ Momen}}{\Sigma \text{ Berat}} = \frac{1149,246}{403,368} = 2,8491 \text{ m}$$



Gambar 6. 13 Timbunan tanah di belakang abutmen

Tabel 6. 18 Perhitungan berat dan momen akibat tekanan tanah

No	lebar (m)	tinggi (m)	lebar abut (m)	Volume m ³	Berat Jenis t/m ³	Berat t	Jarak X (m)	Momen X t.m
1	0,25	1,4	9,8	3,43	1,75	6,0025	4,875	29,2621875
2	0,75	0,8	9,8	2,94	1,75	5,145	4,25	21,86625
3	1	3,3	9,8	32,34	1,75	56,595	4,5	254,6775
						67,7425		305,805938

Titik Berat Abutment thdp O

$$x = \frac{\Sigma \text{Momen}}{\Sigma \text{Berat}} = \frac{305,805938}{67,7425} = 4,51 \text{ m}$$

6.7.2 Beban Lajur

Beban kendaraan yang berupa beban lajur “D” dan beban garis mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung dari L pada jembatan.

$$q = 9 \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9 \times (0,5 + 15/L) \text{ Kpa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

untuk panjang bentang jembatan $L = 5 \text{ m}$

$$q = 9 \text{ kPa}$$

Pada beban garis terpusat mempunyai intensitas , $P = 49 \text{ kN}$. dan memiliki faktor beban dinamis sebesar :

$$DLA = 0,4 \quad \text{untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0,4 - (0,0025 \times (L - 50))$$

$$\text{untuk } 50\text{m} < L < 90 \text{ m}$$

$$DLA = 0,3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

sehingga $DLA = 0,4$

$$WTD = q \times L \times (5,5 + b)/2 + p \times DLA \times (5,5 + b)/2$$

Dimana :

q = beban merata

L = bentang jembatan

b = lebar jalur

$$WTD = 9 \text{ kPa} \times 5 \text{ m} \times (5,5 + 9,8 \text{ m})/2 + 49 \text{ kPa} \times 0,4 (5,5 + 9,8 \text{ m}/2)$$

$$WTD = 398,15 \text{ kN}$$

Beban pada abutmen akibat beban lajur D

$$PTD = 0,5 \times WTD$$

$$PTD = 0,5 \times 398,15 \text{ kN}$$

$$PTD = 199,075 \text{ kN}$$

$$PTD = 19,9075 \text{ t}$$

6.7.3 Beban Horizontal

Beban Rem

Pengaruh rem dan percepatan lalu lintas harus dipertimbangkan sebagai gaya memanjang. Gaya ini tergantung pada lebar jembatan.

panjang bentang jembatan (L) = 5 m

gaya rem yang terjadi = 250 kN = 25 t

$L < 80 \text{ m}$, gaya rem 250 kN

$80 \text{ m} < L < 180 \text{ m}$, gaya rem $(2,5L + 50) \text{ kN}$

$L \geq 180 \text{ m}$, gaya rem 500 kN

Beban Angin

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

Kecepatan angin rencana V_w = 30 m/s

Panjang jembatan L = 5 m

Lebar jembatan b = 9,8 m

$$\text{tinggi samping jembatan } h_a = 1,5 \text{ m}$$

$$L \text{ koefisien samping jembatan } A_b = L \times h_a = 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Koef. seret } C_w = 1,2$$

Gaya Angin

$$\begin{aligned} T_{ew} &= 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 900 \text{ (m/s)}^2 \times 7,5 \text{ m} \\ &= 4,86 \text{ kN} \\ &= 0,489 \text{ t} \end{aligned}$$

Tekanan tanah aktif

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

$$\text{tinggi timbunan } h = 4,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar jembatan } b = 9,8 \text{ m}$$

$$b_j \text{ tanah } \gamma_t = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$\text{sudut geser tanah } \Phi = 14,9^\circ$$

$$q \text{ tanah } = 0,6 \text{ t/m}^2$$

Koef tekanan tanah aktif

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{14,9}{2} \right)$$

$$k_a = 0,59$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= q \times k_a \times h \times b \\ &= 0,6 \text{ t/m}^2 \times 0,59 \times 4,7 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \\ &= 16,3 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1}{2} \times \gamma_t \times k_a \times h^2 \times b \\ &= \frac{1}{2} \times 1,75 \text{ t/m}^3 \times 0,59 \times 22,1 \text{ m}^2 \times 9,8 \text{ m} \\ &= 112 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_{\text{total}} &= Pa_1 + Pa_2 \\ &= 16,3 \text{ t} + 112 \text{ t} \end{aligned}$$

$$= 128 \text{ t}$$

Titik berat terhadap O

$$\begin{aligned} z &= \sum M Pa / \sum Pa \\ &= \frac{Pa_1 \times 0,5h + Pa_2 \times 0,3h}{Pa_{total}} \\ &= \frac{16,3 \text{ t} \times 0,5 \times 4,7 \text{ m} + 112 \text{ t} \times 0,3 \times 4,7 \text{ m}}{128 \text{ t}} \\ &= 1,53 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban Gempa

Diketahui beban gempa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Koef. geser} & C = 0,34 \\ \text{Faktor tipe bangunan} & S = 1 \\ \text{Faktor kepentingan} & I = 1 \\ kh &= C \times S \\ \text{Teq} &= kh \times I \times W = C \times S \times I \times W \end{aligned}$$

Beban gempa bangunan atas

$$\begin{aligned} \text{Teq 1} &= 0,34 \times 1 \times 1 \times 132,03 \text{ t} \\ &= 44,89 \text{ t} \end{aligned}$$

Beban gempa berat sendiri abutment

$$\begin{aligned} \text{Teq 2} &= 0,34 \times 1 \times 1 \times 403,368 \text{ t} \\ &= 137,145 \text{ t} \end{aligned}$$

Beban gempa akibat tekanan tanah dinamis

$$\begin{aligned} \text{Teq 2} &= C \times S \times I \times T_t \\ &= 0,34 \times 1 \times 1 \times 128 \text{ t} \\ &= 43,609 \text{ t} \end{aligned}$$

Beban akibat gesekan pada perletakan

Menurut PPPJJR 1987 gaya gesekan pada perletakan adalah 5% dikalikan total beban mati struktur atas (DL) yang membebani abutment. Beban tersebut adalah

$$F = 5\% \times DL$$
$$FB = 5\% \times (MA + MS)$$
$$MA = 13,23 \text{ t}$$
$$MS = 403,368 \text{ t}$$
$$FB = 5\% \times (13,23 \text{ t} + 403,368 \text{ t}) = 20,8299 \text{ t}$$

Rekapitulasi Beban Kerja

Tabel 6. 19 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 1

Kombinasi 1 MS + MA + TA + TD

No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
	TB	gaya rem						
	ET	suhu						
	EW	beban angin						
	EQ	beban gempa bangunan ats						
	EQ	beban gempa abutment						
	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	636,278	128,264			1867,971	196,203
	100%		636,278	128,264			1867,971	196,203

Tabel 6. 20 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 2

MS + MA + TA + TD + TB + EW

Kombinasi 2

No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
	TB	gaya rem		25,000		5,000		125,000
	ET	suhu						
	EW	beban angin		0,486		5,000		2,430
	EQ	beban gempa bangunan ats						
	EQ	beban gempa abutment						
	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	636,278	153,750			1867,971	323,633
	125%		795,348	192,188			2334,963	404,542

Tabel 6. 21 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 3

MS + MA + TA + TD + TB + FB

Kombinasi 3

No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
	TB	gaya rem		25,000		5,000		125,000
	ET	suhu						
	EW	beban angin						
	EQ	beban gempa bangunan ats						
	EQ	beban gempa abutment						
	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
	FB	gesekan pada perletakan		20,830		5,000		104,150
	Σ	TOTAL	636,278	174,094			1867,971	425,353
	125%		795,348	217,618			2334,963	531,691

Tabel 6. 22 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 4
MS + MA + TA + TD + TB + ET + FB

Kombinasi 4

No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
	TB	gaya rem		25,000		5,000		125,000
	ET	suhu						
	EW	beban angin						
	EQ	beban gempa bangunan ats						
	EQ	beban gempa abutment						
	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
	FB	gesekan pada perletakan		20,830		5,000		104,150
	Σ	TOTAL	636,278	174,094			1867,971	425,353
	140%		890,789	243,732			2615,159	595,494

Tabel 6. 23 Rekapitulasi beban kerja kombinasi 5
MS + MA + EQ

Kombinasi 5

No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
	TA	tekanan tanah aktif						
	TD	beban lajur D						
	TB	gaya rem						
	ET	suhu						
	EW	beban angin						
	EQ	beban gempa bangunan ats		44,890		2,500		112,226
	EQ	beban gempa abutment		137,145		3,150		432,007
	EQ	beban gempa tekana tanah aktif		43,610		4,000		174,439
	FB	gesekan pada perletakan						0,000
	Σ	TOTAL	616,371	225,645			1818,202	718,672
	150%		924,556	338,468			2727,303	1078,008

Dipakai Kombinasi terbesar pada kombinasi 5

$\Sigma V = 924,556 \text{ t}$

$\Sigma H = 338,468 \text{ t}$

$\Sigma Mh = 1.078,008 \text{ t.m}$

$\Sigma Mv = 2.727,303 \text{ t.m}$

$$\sum M \text{ total} = 3.805,311 \text{ t.m}$$

Kombinasi Beban Ulitimate Pile Cap

Tabel 6. 24 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 1

Kombinasi 1		DL + LL + Tekanan Tanah aktif						
No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
1	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
2	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
3	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
4	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
5	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
6	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
7	TB	gaya rem						
8	ET	suhu						
9	EW	beban angin						
10	EQ	beban gempa bangunan ats						
11	EQ	beban gempa abutment						
12	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
13	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	636,278	128,264			1867,971	196,203

Tabel 6. 25 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 2

Kombinasi 2		DL + LL + Tekanan Tanah Aktif + Tb rem						
No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
1	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
2	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
3	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
4	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
5	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
6	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
7	TB	gaya rem		25,000		5,000		125,000
8	ET	suhu						
9	EW	beban angin						
10	EQ	beban gempa bangunan ats						
11	EQ	beban gempa abutment						
12	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
13	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	636,278	153,264			1867,971	321,203

Tabel 6. 26 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 3

Kombinasi 3 DL + LL + Tekanan Tanah Aktif + Tb rem + Ew								
No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
1	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
2	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
3	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
4	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
5	TA	tekanan tanah aktif		128,264		1,530		196,203
6	TD	beban lajur D	19,908		2,500		49,769	
7	TB	gaya rem		25,000		5,000		125,000
8	ET	suhu						
9	EW	beban angin		0,486		5,000		2,430
10	EQ	beban gempa bangunan ats						
11	EQ	beban gempa abutment						
12	EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
13	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	636,278	153,750			1867,971	323,633

Tabel 6. 27 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 4

Kombinasi 4 DL + Ex + 30% Ey + TaG								
No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
1	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
2	MS	bangunan atas	132,030		2,500		330,075	
3	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		305,806	
4	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500		33,075	
5	TA	tekanan tanah aktif						
6	TD	beban lajur D						
7	TB	gaya rem						
8	ET	suhu						
9	EW	beban angin						
10	EQ	beban gempa bangunan ats		44,890		2,500		33,668
11	EQ	beban gempa abutment		137,145		3,150		129,602
12	EQ	beban gempa tekana tanah aktif		43,610		4,000		52,332
13	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	616,371	225,645			1818,202	215,602

Tabel 6. 28 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 5

Kombinasi 5 DL + 30% Ex + Ey + TaG								
No.	Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
			V	H	X	Y	Mv	Mh
1	MS	abutment	403,368		2,849		1149,246	
2	MS	bangunan atas	132,030		5,500		596,015	
3	MS	tanah timbunan di belakan abutment	67,743		4,514		169,356	
4	MA	beban mati tambahan	13,230		2,500			
5	TA	tekanan tanah aktif						
6	TD	beban lajur D						
7	TB	gaya rem						
8	ET	suhu						
9	EW	beban angin						
10	EQ	beban gempa bangunan ats		44,890		2,500		112,226
11	EQ	beban gempa abutment		137,145		3,150		432,007
12	EQ	beban gempa tekana tanah aktif		9,214		4,000		36,854
13	FB	gesekan pada perletakan						
	Σ	TOTAL	616,371	191,249			1914,617	581,087

6.7.4 Perencanaan Pondasi

Direncanakan pondasi abutmen dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$D_{\text{luar tiang}} = 1,016 \text{ m}$$

$$t = 0,019 \text{ m}$$

$$D_{\text{dalam tiang}} = 0,978 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{tiang baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} U_p &= \text{keliling tiang} \\ &= \pi \cdot D \\ &= 3,14 \times 1,016 \text{ m} \\ &= 3,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= \text{luas total} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (1,016 \text{ m})^2 \\ &= 0,81 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{tiang}} &= \text{luas tiang} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (D_{\text{luar}}^2 - D_{\text{dalam}}^2) \\ &= 0,25 \times 3,14 \times \\ &\quad ((1,016 \text{ m})^2 - (0,978 \text{ m})^2) \\ &= 0,06 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{tiang}} &= A_{\text{tiang}} \times \gamma_{\text{tiang baja}} \\ &= 0,06 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 467,16 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \text{Momen inersia} \\ &= \pi/64 \cdot (D_{\text{luar}}^4 - D_{\text{dalam}}^4) \\ &= 0,049 \times ((1,016 \text{ m})^4 - (0,978 \text{ m})^4) \\ &= 0,003719 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tabel 6. 29 Nilai SPT data tanah BHL-1

Depth	Type of Soil	N-SPT	Grafik SPT	di/Ni
(m)				
0	Pasir	0		
-1	Pasir	5		0,1875
-2	Pasir kerikil	11		0,09375
-3	Pasir kerikil	16		0,0625
-4	Pasir kerikil	17		0,06
-5	Pasir kerikil	17		0,05769
-6	Pasir kerikil	18		0,05556
-7	Batu kapur	27		0,03704
-8	Batu kapur	36		0,02778
-9	Batu kapur	45		0,02222
-10	Batu kapur	46		0,02158
-11	Batu kapur	48		0,02098
-12	Batu kapur	49		0,02041
-13	Batu kapur	50		0,02013
-14	Batu kapur	50		0,01987
-15	Batu kapur	51		0,01961
-16	Batu kapur	54		0,01852
-17	Batu kapur	57		0,01754
-18	Batu kapur	60		0,01667
-19	Batu kapur	60		0,01667
-20	Batu kapur	60		0,01667
-21	Batu kapur	60		0,01667
-22	Batu kapur	60		0,01667
-23	Batu kapur	60		0,01667
-24	Batu kapur	60		0,01667
-25	Batu kapur	58		0,01724
-26	Batu kapur	56		0,01786
-27	Batu kapur	54		0,01852
-28	Batu kapur	53		0,01887
-29	Batu kapur	52		0,01923
-30	Batu kapur	51		0,01961
				0,99067

Untuk nilai spring yang terjadi pada tiang pancang adalah

$$k = k_o \cdot y^{-1/2}$$

$$k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$$

$$E_o = 28N$$

$$k_x = k \cdot D \cdot Li$$

$$k_v = a \cdot A_p \cdot E_p / Li$$

Dengan :

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$a = 0,027 (l/D) + 0,2$$

$$E_p = 200.000 \text{ MPa}$$

$$l = \text{panjang tiang (10 m)}$$

Tabel 6. 30 Perhitungan spring data tanah BHL-1

Depth	N-SPT	Eo = 28 N	ko	k	kv	kx	kx = ky
(m)		kg/cm ²	kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	kg/cm	kg/m
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	5	149,333	0,933	0,933	1186943,648	9482,223	948222,338
-2	11	298,667	1,867	1,867	593471,824	18964,447	1896444,675
-3	16	448,000	2,800	2,800	395647,883	28446,670	2844667,013
-4	17	466,667	2,917	2,917	296735,912	29631,948	2963194,805
-5	17	485,333	3,033	3,033	237388,730	30817,226	3081722,597
-6	18	504,000	3,150	3,150	197823,941	32002,504	3200250,389
-7	27	756,000	4,725	4,725	169563,378	48003,756	4800375,584
-8	36	1008,000	6,300	6,300	148367,956	64005,008	6400500,779
-9	45	1260,000	7,875	7,875	131882,628	80006,260	8000625,974
-10	46	1297,333	8,108	8,108	118694,365	82376,816	8237681,558
-11	48	1334,667	8,341	8,341	107903,968	84747,371	8474737,142
-12	49	1372,000	8,575	8,575	98911,971	87117,927	8711792,727
-13	50	1390,667	8,691	8,691	91303,358	88303,205	8830320,519
-14	50	1409,333	8,808	8,808	84781,689	89488,483	8948848,311
-15	51	1428,000	8,925	8,925	79129,577	90673,761	9067376,103
-16	54	1512,000	9,450	9,450	74183,978	96007,512	9600751,168
-17	57	1596,000	9,975	9,975	69820,215	101341,262	10134126,233
-18	60	1680,000	10,500	10,500	65941,314	106675,013	10667501,298
-19	60	1680,000	10,500	10,500	62470,718	106675,013	10667501,298
-20	60	1680,000	10,500	10,500	59347,182	106675,013	10667501,298
-21	60	1680,000	10,500	10,500	56521,126	106675,013	10667501,298
-22	60	1680,000	10,500	10,500	53951,984	106675,013	10667501,298
-23	60	1680,000	10,500	10,500	51606,246	106675,013	10667501,298
-24	60	1680,000	10,500	10,500	49455,985	106675,013	10667501,298
-25	58	1624,000	10,150	10,150	47477,746	103119,179	10311917,921
-26	56	1568,000	9,800	9,800	45651,679	99563,345	9956334,545
-27	54	1512,000	9,450	9,450	43960,876	96007,512	9600751,168
-28	53	1484,000	9,275	9,275	42390,845	94229,595	9422959,480
-29	52	1456,000	9,100	9,100	40929,091	92451,678	9245167,792
-30	51	1428,000	8,925	8,925	39564,788	90673,761	9067376,103

6.7.5 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang direncanakan dengan kedalaman 10 m.

$$\sum l_i \cdot f_i = 47,666 \text{ T/m}$$

R_f = gaya geser maksimum dinding tiang

$$= U_p \times \sum l_i \cdot f_i$$

$$= 3,19 \text{ m} \times 47,666 \text{ T/m}$$

$$= 152,145 \text{ Ton}$$

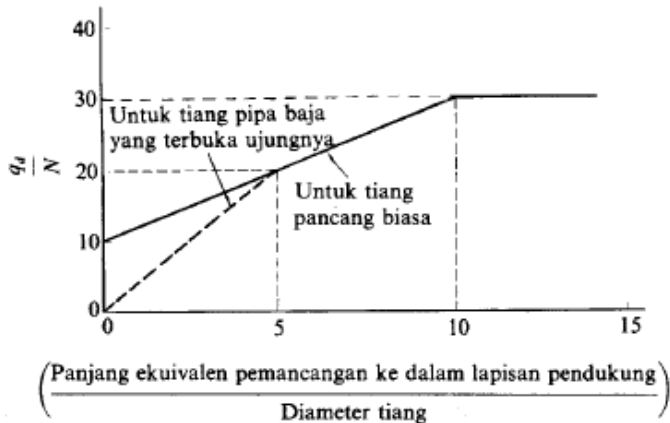
$$I/D = 6$$

I = panjang penetrasi

$$= 6 \times D$$

$$= 6 \times 1,016 \text{ m}$$

$$= 6,096 \text{ m}$$



Gambar 6. 14 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

$$q_d = 20N \text{ (diambil pada penarikan dari } I/D \text{ terhadap)}$$

$$q_d / N$$

$$= 20 \times 46$$

$$= 920 \text{ T/m}^2$$

$$R_t = \text{daya dukung ujung tiang}$$

$$= q_d \times A$$

$$= 920 \text{ T/m}^2 \times 0,811 \text{ m}^2$$

$$= 751,278 \text{ Ton}$$

$$R_u = R_t + R_f$$

$$= 751,278 \text{ Ton} + 152,145 \text{ Ton}$$

$$= 898,752 \text{ Ton}$$

W_p = berat per tiang

$$= W \text{ tiang} \times L \text{ tiang}$$

$$= 467 \text{ kg/m} \times 10 \text{ m}$$

$$= 4,67 \text{ Ton}$$

SF = angka keamanan

$$= 3 \text{ (untuk beban tetap)}$$

$$= 2 \text{ (untuk beban sementara)}$$

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban tetap

$$= (R_u/SF) - W_p$$

$$= 898,752 \text{ Ton} / 3 - 4,76 \text{ Ton}$$

$$= 296,470 \text{ Ton}$$

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban
sementara

$$= (R_u/SF) - W_p$$

$$= 898,752 \text{ Ton} / 2 - 4,76 \text{ Ton}$$

$$= 447,040 \text{ Ton} > P \text{ terjadi} = 154,416 \text{ Ton}$$

OK

6.7.6 Kapasitas Cabut Tiang

SF = angka keamanan

= 3 (untuk beban tetap)

= 2 (untuk beban sementara)

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban tetap

= $(R_f/SF) + W_p$

= $152,145 \text{ Ton} / 3 + 4,76 \text{ Ton}$

= 55,387 Ton

Ra = daya dukung ijin tiang akibat beban
sementara

= $(R_f/SF) + W_p$

= $152,145 \text{ Ton} / 2 + 4,76 \text{ Ton}$

= 80,744 Ton > P terjadi = 27,401 Ton

OK

6.7.7 Daya Dukung Horizontal Pondasi Tiang

N = 17 (diambil nilai N-SPT minimal)

E_o = modulus elastisitas tanah

= 28 x N

= 28 x 5

= 140 kg/cm²

y_i = deformasi horizontal ijin

= 1 cm

k = koefisien reaksi tanah dasar

= $0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \times y_i^{-0,5}$

= $0,2 \times 140 \text{ kg/cm}^2 \times (101,6 \text{ cm})^{-0,75} \times (1 \text{ cm})^{-0,5}$

= 0,875 kg/cm³

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{k.D^{0,25}}{4E.I} \\ &= \frac{0,875 \text{ kg/cm}^3 \times 101,6 \text{ cm}^{0,25}}{4.200.000 \text{ MPa} \times 371.900 \text{ mm}^4} \\ &= 0,00416 \text{ cm}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_m &= \text{virtual vixity point} \\ &= 1/\beta \tan^{-1} 1/\beta \cdot h \\ &= 1/0,00416 \tan^{-1} 1/0,00416 \times 10 \\ &= 377,54 \text{ cm} = 3,77 \text{ m}\end{aligned}$$

H_a = daya dukung gaya horizontal tiang tegak

$$\begin{aligned}&= \left(\frac{k \cdot D \times \frac{1}{\beta^3}}{y_i} \right) \\ &= \left(\frac{0,875 \text{ kg/cm}^3 \cdot 101,6 \text{ cm} \times \frac{1}{0,00416 \text{ cm}^{-1^3}}}{1 \text{ cm}} \right) \\ &= 1.234.872 \text{ ton/tiang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{a \text{ ijin}} &= H_a / SF \\ &= 1.234.872 \text{ ton} / 3 \text{ (untuk beban tetap)} \\ &= 411.623,8 \text{ ton/tiang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{a \text{ ijin}} &= H_a / SF \\ &= 1.234.872 \text{ ton} / 2 \text{ (untuk beban sementara)} \\ &= 617.435,8 \text{ ton/tiang}\end{aligned}$$

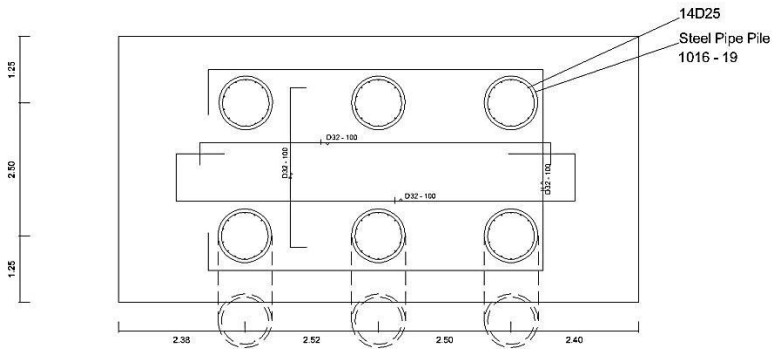
M_a = Momen lentur pada posisi virtual fixity point

$$\begin{aligned}&= H_{a \text{ ijin}} \times L_m \\ &= 411.623,8 \text{ ton} \times 3,77 \text{ m} \\ &= 1.554.076 \text{ ton.m (pada beban tetap)}\end{aligned}$$

M_a = Momen lentur pada posisi virtual fixity point

$$\begin{aligned}
 &= H_{a \text{ ijin}} \times L_m \\
 &= 617.435,8 \text{ ton} \times 3,37 \text{ m} \\
 &= 2.331.114 \text{ ton.m (pada beban sementara)}
 \end{aligned}$$

Konfigurasi tiang pancang



Gambar 6. 15 Denah tiang pancang

Direncanakan tiang pancang kelompok seperti gambar diatas,

m = jumlah tiang arah x

$m = 3$ tiang

n = jumlah tiang arah y

$n = 2$ tiang

s = jarak antar tiang pancang

$s = 2,5 \text{ m}$

$\Theta = \tan^{-1} (D/s)$

$= \tan^{-1} (1,016 \text{ m}/2,5 \text{ m})$

$= 22,11$

E = efisiensi tiang pancang kelompok

$$= 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$= 1 - 22,11 \frac{(2-1)^3 + (3-1)^2}{90 \cdot 3 \cdot 2}$$

$$= 1 - 0,4$$

$$= 0,6$$

$P = P \times E \times \text{jumlah total tiang}$

$$P = 447,040 \text{ t} \times 0,6 \times 6$$

$$P = 1.609,344 \text{ ton} > P = 636 \text{ ton} + 636,27 \text{ ton}$$

6.7.8 Penulangan Back Wall

Diketahui data sebagai berikut

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ back wall} = 5 \text{ m}$$

$$\text{sudut geser tanah} = 14,9^\circ$$

$$W_s = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Lebar abutmen} = 9,8 \text{ m}$$

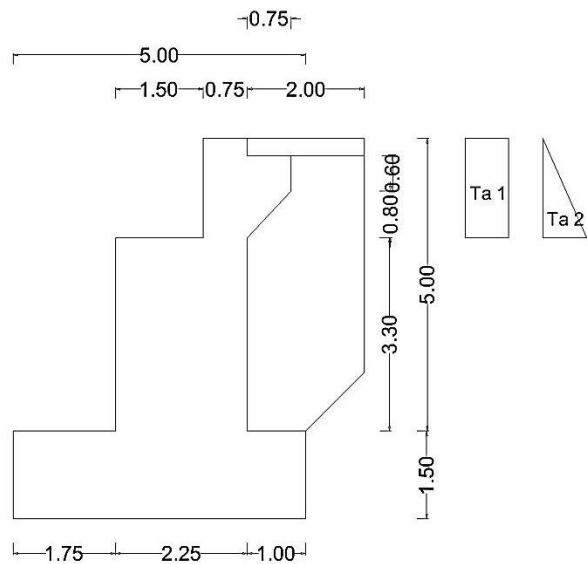
$$\text{Koef tanah aktif} = 0,59$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

Gaya akibat tekanan tanah

$$T \text{ tanah} = \gamma_{\text{tanah}} \times B \times H \times K_a$$



Gambar 6. 16 Tekanan tanah pada back wall

Tabel 6. 32 Gaya dan momen akibat tekanan tanah

No.	Gaya akibat tekanan tanah	T ta	Lengan	Momen
		ton	m	ton.m
1	T ta 1	8,513	0,7	5,959
2	T ta 2	9,932	0,466666667	4,635
		18,444		10,594

Beban gempa statik ekivalen

$kh = C \times S = 0,34 \times 1 = 0,34$

$Teq = kh \times I \times W = 0,34 \times 1 \times W = 0,34W$

Tabel 6. 33 Perhitungan momen akibat gempa

No	lebar (m)	tinggi (m)	lebarabut (m)	Volume m ³	Berat Jenis t/m ³	Berat t	T eq t	Jarak X (m)	Momen t.m
1	0,75	1,7	9,8	12,495	2,4	29,988	10,19592	0,78	23,2669
2	0,75	0,8	9,8	2,94	2,4	7,056	2,39904	1,53	10,7666
2	0,75	0,6	9,8	4,41	3,4	14,994	5,09796	1,40	21,0047
							17,69292		55,0382

Beban ultimate back wall

Gaya geser ultimate, $V_u = K \times T$

Momen ultimate, $M_u = K \times M$

dimana K = faktor beban ultimate

Tabel 6. 34 Perhitungan nilai V_u dan M_u pada back wall

No	Jenis Beban (m ²)	Faktor Beban	T t	M t.m	V_u t	M_u t.m
1	Tekanan tanah	1,25	18,444	10,594	23,056	13,242
2	Gempa statik ekuivalen	1	17,693	55,038	17,693	55,038
					40,748	68,280

Penulangan tulangan utama

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

$$d = H \text{ back wall} - \text{decking}$$

$$d = 1.400 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$$

$$d = 1.300 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{682.803.785 \text{ N.mm}}{0,85 \times 1.000 \text{ mm} \times (1.690.000 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 0,48$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,034$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 0,48}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0012$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,0012$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0012 \times 1.000 \text{ mm} \times 1300 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 1.599,464 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$s = 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 150 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 1.890,19 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 1.599,464 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times 1.599,464 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ bagi} = 799,73 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 150 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 884,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 799,73 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

6.7.9 Penulangan Breast Wall

Diketahui data sebagai berikut

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ breast wall} = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{sudut geser tanah} = 14,9^\circ$$

$$W_s = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Lebar abutmen} = 9,8 \text{ m}$$

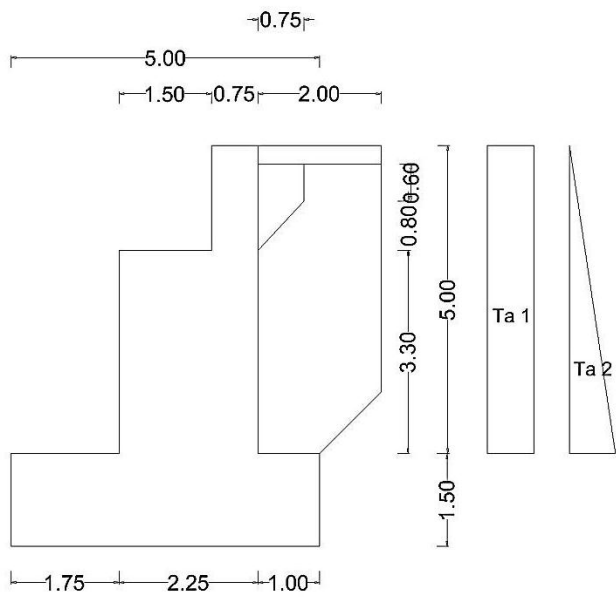
$$\text{Koef tanah aktif} = 0,59$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

Gaya akibat tekanan tanah

$$T \text{ tanah} = \gamma_{\text{tanah}} \times B \times H \times K_a$$



Gambar 6. 17 tekanan tanah pada breast wall

Tabel 6. 35 Perhitungan berat breast wall

No	lebar	tinggi	lebar abut	Volume	Berat Jenis	Berat
	(m)	(m)	(m)	m³	t/m³	t
1	2,25	3,3	9,8	72,765	2,4	174,636
2	Berat struktur atas					132,03
						306,666

Tabel 6. 36 Momen akibat tekanan tanah

No.	Gaya akibat tekanan tanah	T ta	Lengan	Momen
		ton	m	ton.m
1	T ta 1	20,066	1,65	33,109
2	T ta 2	55,181	1,1	60,699
		75,247		93,808

Beban gempa statik ekivalen

$kh = C \times S = 0,34 \times 1 = 0,34$

$Teq = kh \times I \times W = 0,34 \times 1 \times W = 0,34W$

Tabel 6. 37 Perhitungan Vu dan Mu akibat gempa

No	lebar (m)	tinggi (m)	lebar abut (m)	Volume m ³	Berat Jenis t/m ³	Berat t	T eq t	Jarak X (m)	Momen t.m
1	2,25	3,3	9,8	72,765	1,75	127,33875	43,295175	0,0259	3,29484375
2	Berat Sendiri					403,368	137,14512	2,84912536	1149,246
3	Beban mati tambahan					13,23	4,4982	2,5	33,075
						543,93675			1185,61584

Beban gempa akibat tekanan tanah dinamis

$$\begin{aligned}
 T_{EQ} \text{ tanah} &= k_h \times I \times T_t \\
 &= 0,34 \times 1 \times 75,247 \text{ t} \\
 &= 25,584 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Beban ultimate breast wall

Tabel 6. 38 Rekapitulasi beban ultimate breast wall

No.	Jenis Beban m ²	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
				V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,06				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2	19,9075				
5	Gaya rem	2		50		250,000	
6	beban gempa	1		543,937		1185,615844	
7	Tekanan tanah dianamis	1		25,584		84,4274109	
8	Gaya gesekan	1,3		27,07887		67,697175	

Tabel 6. 39 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 1

Kombinasi 1

No.	Jenis Beban m ²	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
				V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,060				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2	19,9075				
5	Gaya rem	2		50		250,000	
6	beban gempa	1					
7	Tekanan tanah dianamis	1					
8	Gaya gesekan	1,3					
	TOTAL		897,300	144,059	0	343,808	0

Tabel 6. 40 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 2

Kombinasi 2

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
	m ²			V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,060				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2	19,9075				
5	Gaya rem	2		50		250,000	
6	beban gempa	1					
7	Tekanan tanah dianamis	1					
8	Gaya gesekan	1,3		25,584		67,697175	
	TOTAL		897,300	169,643	0	411,505	0

Tabel 6. 41 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 3

Kombinasi 3

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
	m ²			V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,060				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2	19,9075				
5	Gaya rem	2		50		250,000	
6	beban gempa	1					
7	Tekanan tanah dianamis	1					
8	Gaya gesekan	1,3		25,584		67,697175	
	TOTAL		897,300	169,643	0	411,505	0

Tabel 6. 42 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 4

Kombinasi 4

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
	m ²			V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,060				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2	19,9075				
5	Gaya rem	2		50		250,000	
6	beban gempa	1					
7	Tekanan tanah dianamis	1					
8	Gaya gesekan	1,3					
	TOTAL		897,300	144,059	0	343,808	0

Tabel 6. 43 Rekapitulasi beban ultimate kombinasi 5

Kombinasi 5

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	Pu ton	Gaya geser		Momen	
	m ²			V _{ux} ton	V _{uy} ton	M _{ux} ton.m	M _{uy} ton.m
1	Berat Sendiri	1,1	613,332				
2	Beban mati tambahan	2	264,060				
3	Tekanan tanah aktif	1,25		94,059		93,808	
4	Beban lajur D	2					
5	Gaya rem	2				250,000	
6	beban gempa	1		543,937		1185,615844	
7	Tekanan tanah dianamis	1		25,584		84,4274109	
8	Gaya gesekan	1,3					
	TOTAL		877,392	663,580	0	1613,851	0

Tabel 6. 44 Rekapitulasi beban ultimate breast wall

No	Kombinasi Beban	Pu (ton)	V ux (ton)	V uy (ton)	M ux (ton.m)	M uy (ton.m)
1	Kombinasi 1	897,300	144,059	0	343,808	0
2	Kombinasi 2	897,300	169,643	0	411,505	0
3	Kombinasi 3	897,300	169,643	0	411,505	0
4	Kombinasi 4	897,300	144,059	0	343,808	0
5	Kombinasi 5	877,392	663,580	0	1613,851	0

Hasil ditinjau dari 1 m

No	Kombinasi Beban	Pu (ton)	V ux (ton)	V uy (ton)	M ux (ton.m)	M uy (ton.m)
1	Kombinasi 1	299,100	48,020	0	114,603	0
2	Kombinasi 2	299,100	56,548	0	137,168	0
3	Kombinasi 3	299,100	56,548	0	137,168	0
4	Kombinasi 4	299,100	48,020	0	114,603	0
5	Kombinasi 5	292,464	221,193	0	537,950	0

Dipakai kombinasi 5

Penulangan tulangan utama

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

$$d = H \text{ breast wall} - 2 \times \text{decking}$$

$$d = 2.250 \text{ mm} - 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$d = 2.050 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{5.379.504.963 \text{ N.mm}}{0,85 \times 1.000 \text{ mm} \times (4.202.500 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 1,5$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,034$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 1,5}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,00398$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,00398$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00398 \times 1.000 \text{ mm} \times 2.050 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 8.164,649 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (32 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 75 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 10.723,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 8.164,649 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times 8.164,649 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ bagi} = 4.082,32 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (22 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 75 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 5.068,44 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 4.082,32 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan Geser

Diketahui data sebagai berikut :

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$H \text{ breast wall} = 3.300 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal breast wall} = 2.250 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar yang ditinjau} = 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{decking} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya aksial ultimate } (P_u) = 299,1 \text{ t}$$

$$\text{Momen ultimate } (M_u) = 537,95 \text{ t.m}$$

$$\text{faktor reduksi} = 0,6$$

$$\text{Luas tul. longitudinal} = 10.723,3 \text{ mm}^2$$

$$V_u = M_u / L$$

$$V_u = 537,95 \text{ t.m} / 3,3 \text{ m}$$

$$V_u = 163,0151 \text{ t}$$

$$V_u = 1.630.151 \text{ N}$$

$$d = h - d'$$

$$d = 2.250 \text{ mm} - 100 \text{ mm} = 2.150 \text{ mm}$$

$$V_c \max = 0,2 f_c' \cdot b \cdot d$$

$$V_c \max = 0,2 \times 30 \text{ MPa} \times 1.000 \text{ mm} \times 2.150 \text{ mm}$$

$$V_c \max = 12.900.000 \text{ N}$$

$$\Phi V_c \max = 0,6 V_c$$

$$\Phi V_c \max = 0,6 \times 12.900.000 \text{ N}$$

$$\Phi V_c \max = 7.740.000 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 1,4 - d/2.000$$

$$\beta_1 = 1,4 - 2.150/2.000$$

$$\beta_1 = 0,325 < 1 \text{ OK}$$

$$\beta_2 = 1 + \frac{P_u}{14 \times f_c' \times b \times h}$$

$$\beta_2 = 1 + \frac{299.099.833,3 \text{ N}}{14 \times 30 \text{ MPa} \times 1.000 \text{ mm} \times 2.250 \text{ mm}}$$

$$\beta_2 = 1,31$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b \times d \times \sqrt{\frac{A_s \times f_c'}{b \times d}}$$

$$V_{uc} = 0,325 \times 1,31 \times 1 \times 1.000 \text{ mm} \times 2.150 \text{ mm} \times$$

$$\sqrt{\frac{10.723 \text{ mm}^2 \times 30 \text{ MPa}}{1.000 \text{ mm} \times 2.150 \text{ mm}}}$$

$$V_{uc} = 355.837 \text{ N}$$

$$V_c = V_{uc} + 0,6 \times b \times d$$

$$V_c = 355.837 \text{ N} + 0,6 \times 1.000 \text{ mm} \times 2.150 \text{ mm}$$

$$V_c = 1.645.837 \text{ N}$$

$$\Phi V_c = 0,6 \times 1.645.837 \text{ N} < 1.630.151 \text{ N}$$

$$\Phi V_c = 987502 \text{ N} < 1.630.151 \text{ N}$$

tidak perlu tulangan geser

Geser pada beton sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser

$$V_s = V_u / \Phi$$

$$V_s = 1.630.151 \text{ N} / 0,6$$

$$V_s = 2.716.921,699 \text{ N}$$

Digunakan tulangan :

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

$$A_s v = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s v = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 200 \text{ mm})$$

$$A_s v = 663,661 \text{ mm}^2$$

$$S = A_s v \times f_y \times d / V_s$$

$$S = 663,661 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \times \frac{2.150 \text{ mm}}{2.716.921,699 \text{ N}}$$

$$S = 273,093 \text{ mm}$$

dipasang $S = 200 \text{ mm}$

6.7.10 Penulangan Pile Cap

Diketahui data sebagai berikut:

$$M_u = 191,462 \text{ t.m}$$

$$V_u = 6.163.705 \text{ N}$$

diambil dari kombinasi ultimate terbesar dari rekapitulasi Pile Cap pada sub bab 6.7.3

Penulangan tulangan utama

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

$$d = H \text{ pile cap} - 2 \times \text{decking}$$

$$d = 1.500 \text{ mm} - 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$d = 1.300 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{1.914.617.424 \text{ N.mm}}{0,85 \times 1.000 \text{ mm} \times (1.690.000 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 1,33$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,0036$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,034$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 1,33}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,00351$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,0036$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0036 \times 1.000 \text{ mm} \times 1300 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 4.666,667 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$s = 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (32 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 150 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 5.362 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 4.666,667 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times 4.666,667 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ bagi} = 2.333 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 100 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 2.835,28 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 2.333 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan geser

Gaya geser ultimate

$$= 1/6 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 1.000 \text{ mm} \times 1.300 \text{ mm}$$

$$= 1.186.732,21 \text{ N}$$

$$\Phi V_c = 0,6 V_c = 712.039,325 \text{ N} < V_u = 6.163.705 \text{ N}$$

perlu tulangan geser

$$\Phi V_s = V_u - \Phi V_c = 6.163.705 \text{ N} - 712.039,325 \text{ N}$$

$$\Phi V_s = 5.451.665,68 \text{ N}$$

$$V_s = 4.930.964 \text{ N}$$

Digunakan tulangan :

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_s v = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s v = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 100 \text{ mm})$$

$$A_s v = 1327 \text{ mm}^2$$

$$S = A_s v \times f_y \times d / V_s$$

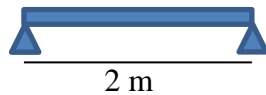
$$S = 1327 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \times \frac{1.300 \text{ mm}}{4.930.964 \text{ N}}$$

$$S = 136,5 \text{ mm}$$

dipasang $S = 100 \text{ mm}$

6.7.11 Pelat Injak

Diketahui beban pada pelat injak sebagai berikut :



Gambar 6. 18 Skema pelat injak

Beban mati

- Pelat lantai 30 cm

ts x L x BJ beton

$$0,3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 1,44 \text{ t/m}$$

- Air hujan 5 cm

ts x L x BJ air hujan

$$0,05 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3 = 0,1 \text{ t/m}$$

- Aspal 10 cm

ts x L x BJ aspal

$$0,1 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 = 0,44 \text{ t/m}$$

- Tanah

ts x L x BJ aspal

$$0,15 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,75 \text{ t/m}^3 = 0,525 \text{ t/m}$$

$$q_{DL} = 2,505 \text{ t/m}$$

$$q_{uDL} = 1,3 \times q_{DL}$$

$$q_{uDL} = 3,257 \text{ t/m}$$

Beban hidup

BTR

$$0,9 \text{ t/m}^2 \times L$$

$$0,9 \text{ t/m}^2 \times 2 \text{ m} = 1,8 \text{ t/m}$$

$$q_{LL} = 1,8 \text{ t/m}$$

$$q_u \text{ LL} = 1,6 \times q_{LL}$$

$$q_u \text{ LL} = 2,88 \text{ t/m}$$

$$M \text{ total} = 1/8 \times q_{uDL} \times L^2 + 1/8 \times q_{uLL} \times L^2$$

$$M \text{ total} = 1/8 \times 3,257 \text{ t/m} \times (2 \text{ m})^2 + \\ 1/8 \times 2,88 \text{ t/m} \times (2 \text{ m})^2$$

$$M \text{ total} = 3,068 \text{ t.m}$$

Penulangan tulangan utama

$$b = 1.000 \text{ mm}$$

$$d = H \text{ pelat} - 2 \times \text{decking}$$

$$d = 300 \text{ mm} - 30 \text{ mm}$$

$$d = 270 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,3$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{30.680.000.000 \text{ N.mm}}{0,85 \times 1.000 \text{ mm} \times (1.690.000 \text{ mm}^2)}$$

$$R_n = 0,53$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{min} = 0,00359$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_b = 0,034$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0331$$

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 0,53}{390 \text{ MPa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0013$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, pakai $\rho = 0,00359$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00359 \times 1.000 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 969 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (16 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 200 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 1.005,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 969 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ bagi} = 50\% \times 969 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ bagi} = 485 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 250 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / s)$$

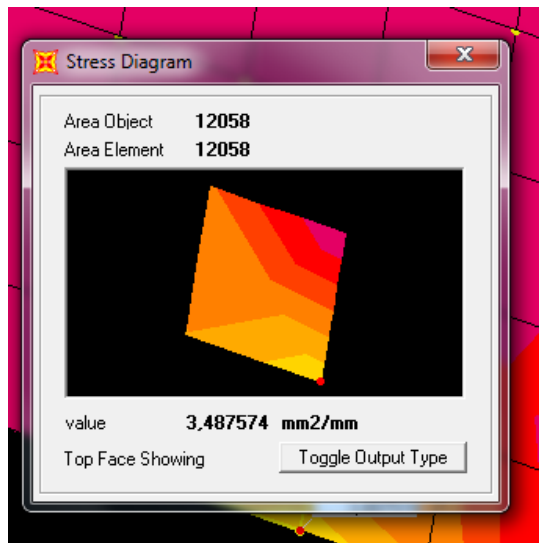
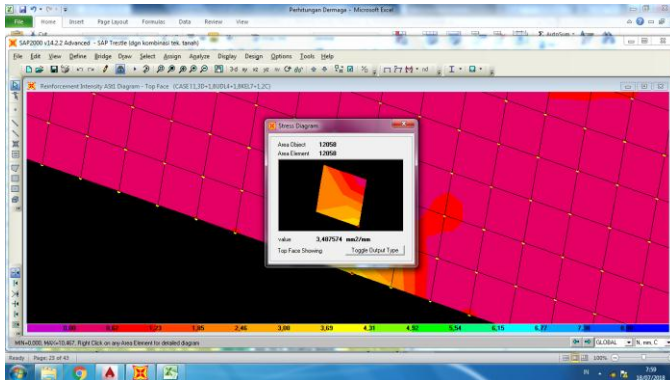
$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 250 \text{ mm})$$

$$A_s \text{ pakai} = 530,93 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 485 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Pada Abutmen dan Pile Cap Trestle diambil pada output SAP2000

Pada Abutmen Trestle arah X didapat



Gambar 6. 19 Hasil As (luas kebutuhan tulangan pada abutmen dari SAP2000

Kebutuhan Tulangan arah X = 3470 mm^2

Dipasang D32 – 100

As pakai = $\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (1.000 \text{ mm} / 100 \text{ mm})$

As pakai = $8042,477 \text{ mm}^2$

6.7.12 Rekapitulasi Abutmen dan pile cap Trestle

Tabel 6. 45 Rekapitulasi penulangan abutmen dan pile cap trestle

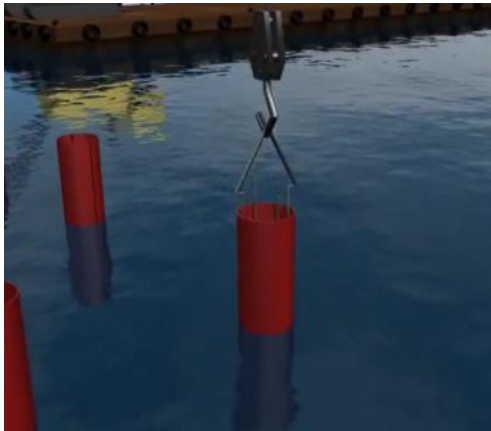
Keterangan	Tulangan utama	Tulangan bagi	Tulangan geser
Back Wall	D19 – 150	D13 – 150	
Breast Wall	D32 – 75	D22 – 75	D13 – 200
Pile Cap	D32 – 150	D19 – 100	D13 – 100
Pelat Injak	D16 - 200	D13 – 250	

BAB VII

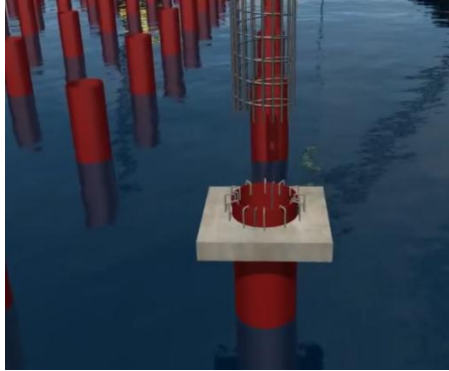
METODE PELAKSANAAN

Pada metode pelaksanaan dermaga Semen Kupang untuk Kapal Curah 10.000 DWT dan 50.000 DWT dengan menggunakan metode beton pracetak, dibawah ini adalah tahapan-tahapan pelaksanaan pekerjaan beton pracetak pada dermaga :

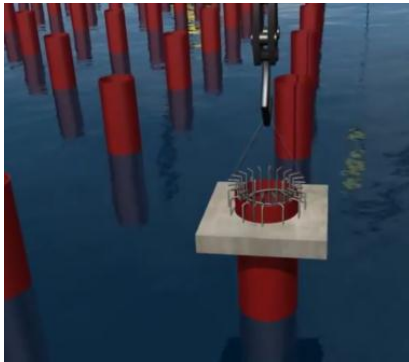
1. Pelaksanaan pemasangan bekisting gantung untuk melakukan pengecoran isian tiang pancang pada tiang pancang baja.



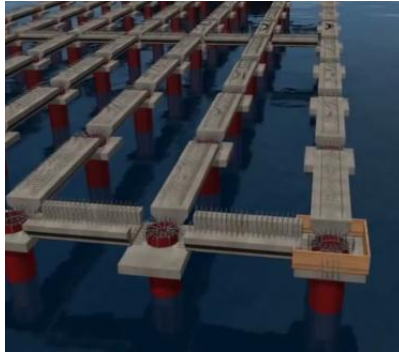
2. Pelaksanaan pemasangan pile cap pada tiang pancang.



3. Pelaksanaan pengelasan pada tulangan isian tiang pancang.
4. Pelaksanaan pemasangan bekisting untuk pengecoran pile cap setelah tiang pancang ditulangi.
5. Pelaksanaan pengecoran pada pile cap.



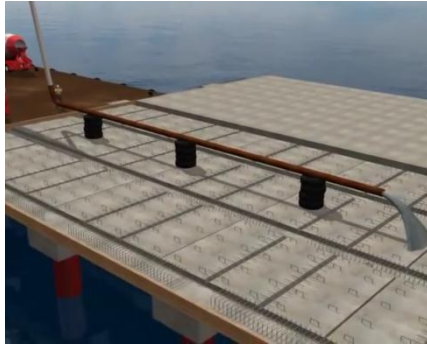
6. Pelaksanaan pemasangan balok memanjang dan melintang pracetak diatas pile cap, setelah umur beton pile cap sudah mencukupi.



7. Pelaksanaan pemasangan pelat pracetak diatas balok pracetak.



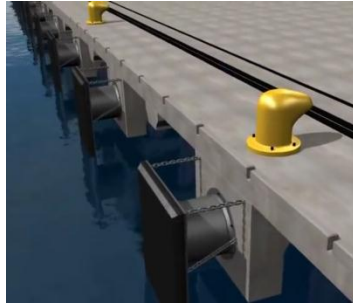
8. Pelaksanaan pemasangan bekisting pelat sesuai dengan yang direncanakan.
9. Pelaksanaan pengecoran topping pelat.



10. Pelaksanaan dilanjutkan dengan pemasangan balok list plank dan balok fender untuk perletakan fender, setelah umur beton pelat sudah mencukupi dan bekisting pelat dilepas.



11. Pelaksanaan pemasangan bekisting untuk pengecoran pelat.
12. Pelaksanaan pemasangan *fender* dan *bollard* setelah umur beton mencukupi.



13. Dermaga belum bisa langsung dipakai karena pengecoran struktur yang terakhir, umur beton belum mencukupi sampai pada umur mutu beton yang terbaik.

(sumber: *Metode Pelaksanaan Dermaga teluk lamong paket A, dari adhi karya*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

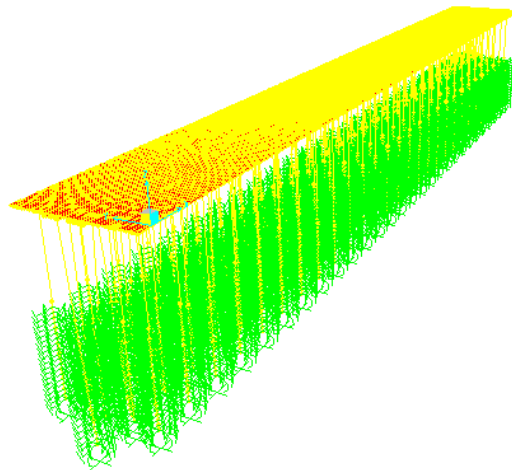
BAB VIII

PENUTUP

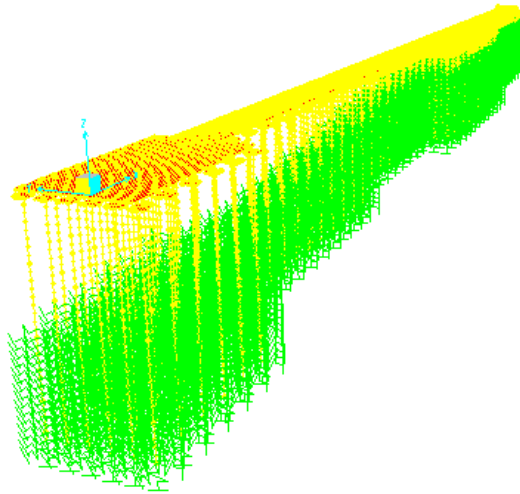
8.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan, amak dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Beban-beban pada dermaga dihitung dan dimasukkan kedalam SAP2000 untuk dianalisa dan dibuat permodelan Struktur Dermaga Semen Kupang untuk Kapal Curah 10.000 DWT dan 50.000 DWT dengan menggunakan metode beton pracetak sebagai berikut :



Gambar 8. 1 Permodelan dermaga pada SAP2000



Gambar 8. 2 Permodelan *trestle* pada SAP2000

2. Dari hasil analisa struktur pada bab sebelumnya yang sudah hitung, didapatkan hasil sebagai berikut
 - Dimensi struktur utama dermaga 222 m x 25 m dengan tebal pelat lantai 420 mm
 - Dimensi balok pada dermaga, memanjang, melintang, memanjang crane, dan list plank adalah 800 mm x 1.500 mm serta balok fender 800 mm x 3.000 mm
 - Dimensi balok pada trestle, memanjang dan melintang adalah 800 mm x 1.500 mm
 - Dimensi pile cap dermaga adalah 2.000 mm x 2.000 mm x 1.500 mm dan 3.000 mm x 4.500 mm x 1.500 mm

- Dimensi pile cap trestle adalah 1.500 mm x 1.500 mm x 1.500 mm
- Dimensi tiang pancang untuk dermaga adalah steel pile \varnothing 1219,2 – 22 mm
- Dimensi tiang pancang untuk trestle adalah steel pile \varnothing 1016 – 19 mm
- Diameter tulangan
- Balok dermaga

Balok Memanjang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	11D25	5D25	3D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	11D25	3D25	2 kaki D13-150
Balok Melintang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	15D25	9D25	2D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	21D25	2D25	2 kaki D13-150
Balok Memanjang Crane 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	14D25	6D25	3D25	2 kaki D13-50

Lapangan	5D25	12D25	3D25	2 kaki D13-150
Balok List Plank 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Senggang
Tumpuan	10D25	6D25	3D25	2 kaki D13-50
Lapangan	5D25	13D25	3D25	2 kaki D13-200
Balok Fender 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Senggang
Tumpuan	9D25	2D25	6D25	2 kaki D13-100
Lapangan	3D25	9D25	6D25	2 kaki D13-200

- Pelat lantai dermaga

Tipe Pelat	Dimensi	As pasang
Pelat A1	7,3 m x 4,3 m	D19 - 75
Pelat A2	7,3 m x 1,4 m	D19 - 75
Pelat A3	1,9 m x 4,3 m	D19 - 75
Pelat A4	1,4 m x 1,9 m	D19 - 75
Pelat fix crane	4 m x 4 m	D22 - 100

- Balok Trestle

Balok Memanjang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	4D25	4D25		2 kaki D13-150
Lapangan	4D25	4D25		2 kaki D13-200
Balok Melintang 800/1500				
	Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Pinggang	Sengkang
Tumpuan	4D25	4D25	3D25	2 kaki D13-150
Lapangan	4D25	4D25	3D25	2 kaki D13-300

- Pelat lantai Trestle : D19 – 100

- Pile Cap

Pile Cap	Dimensi	As
Dermaga	2 m x 2 m x 1,5 m	D32 – 60
Dermaga	3 m x 4,5 m x 1,5 m	D32 – 100
Trestle	1,5 m x 1,5 m x 1,5 m	D32 – 100

- Abutmen Trestle

Keterangan	Tulangan utama	Tulangan bagi	Tulangan geser
Back Wall	D19 – 150	D13 – 150	
Breast Wall	D32 – 75	D22 – 75	D13 – 200
Pile Cap	D32 – 150	D19 – 100	D13 – 100
Pelat Injak	D16 - 200	D13 – 250	

- *Fender* SUC1000H dan SUC2000H
 - *Bollard* kapasitas 30 T dan 80 T
3. Pada hasil gambar perancangan dapat dilihat pada Lampiran Gambar
 4. Pada metode pelaksanaan yang digunakan adalah metode beton pracetak pada struktur dermaga ini meliputi, balok dan pelat serta digunakan tiang pancang steel pipe pile dan untuk menuju ke dermaga dihubungkan jembatan *trestle* dengan metode insitu dalam perancangannya dan juga menggunakan tiang pancang steel pipe pile.

8.2 Saran

Untuk perencaan dermaga pracetak, seharusnya dihitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) supaya mengetahui perbandingan metode pelaksanaan yang dipakai atau model struktur yang lain supaya lebih efisien dan disini tidak membahas Rencana Anggaran Biaya (RAB).

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgestone, *Marine Fender Design Manual*.
- Directorat General of Sea Communication. 1984. *Standart Design Criteria for Port In Indonesia*.
- Elliot, Kim. 2002. *Precast Concrete Struktur* : Library of Congress.
- Kossan Rubber Industries Berhad. 2007. *Rubber fender*.
- Kramadibra, Soedjono. 2002. Perencanaan Dermaga. Bandung : ITB.
- PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition*.
Chikago : PCI Industry Hanbook Committee.
- POLB WDC Version 3.0. *Port of Long Beach Wharf Design criteria*.
- RSNI T-02-2005. Standart Pembebanan Jembatan.
- RSNI T – 12 – 2004, tentang perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.
- SNI 2833 – 2016, Perancangan Jembatan untuk beban gempa.
- SNI 1725-2016, Pembebanan untuk Jembatan.
- SNI 2847 – 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 7833-2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung.
- Sosrodarsono, Ir. Suyono, Kazuto Nakazawa. 2000 .Teknik Pondasi. Jakarta : Pradnya Paramita.

Triatmojo, Bambang. 2009. Perencanaan Pelabuhan :

Jogjakarta : Beta Offsite Yogyakarta.

The Overseas Coastal Area Developmen Institute of Japan.

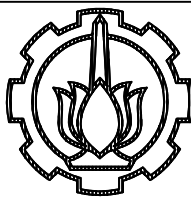
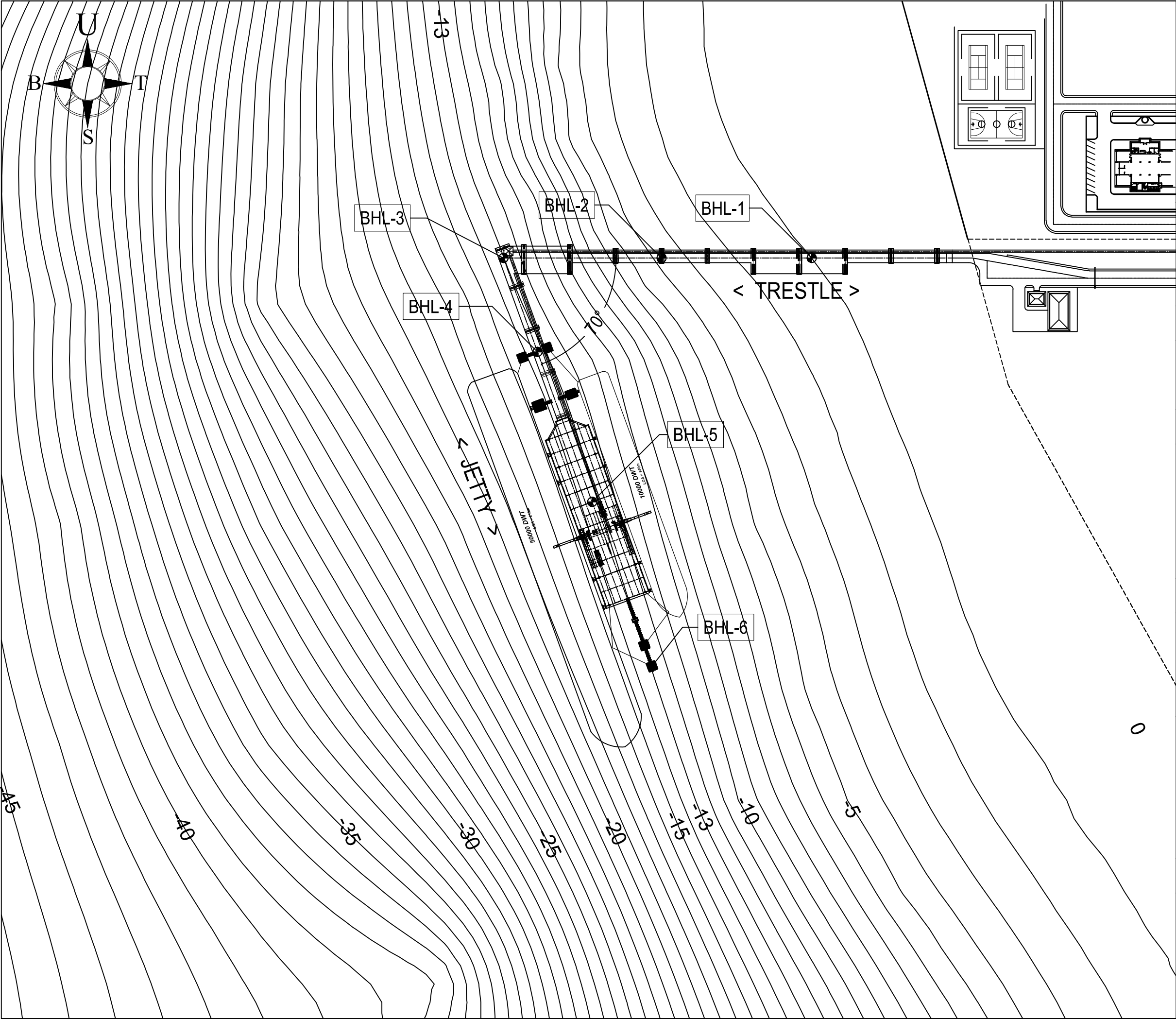
2002. *Technical Standart and Commentaries for Port
and Harbour Facilities in Japan.*

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR
DESAIN STRUKTUR DERMAGA SEMEN KUPANG UNTUK KAPAL CURAH
10.000 DWT DAN 50.000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
	Layout Dermaga Eksisting	1:2.000	01
	Layout Dermaga Rencana	1:2.000	02
	Denah Dermaga	1:1.000 ; 1:500	03
	Denah Pelat Dermaga	1:1.000 ; 1:500	04
	Denah Pembalokan Dermaga	1:1.000 ; 1:500	05
	Denah Tiang Pancang dan Pile Cap	1:1.000 ; 1:200 ; 1:50	06
	Potongan A - A Dermaga	1:500	07
	Potongan B - B Dermaga	1:1.000	08
	Denah Trestle	1:1.000 ; 1:500	09
	Denah Pelat Trestle	1:1.000 ; 1:500	10
	Denah Pembalokan Trestle	1:1.000 ; 1:500	11
	Potongan A - A Trestle	1:200	12
	Potongan B - B Trestle	1:500	13
	Detail Balok Dermaga	1:50	14
	Detail Tulangan Pelat Pracetak A1	1:50	15
	Detail Tulangan Pelat Pracetak A2	1:50	16
	Detail Tulangan Pelat Pracetak A3	1:50	17

	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
	Detail Tulangan Pelat Pracetak A4	1:50	18
	Detail Tulangan Pelat Insitu A1	1:50	19
	Detail Tulangan Pelat Insitu A2	1:50	20
	Detail Tulangan Pelat Insitu A3	1:50	21
	Detail Tulangan Pelat Insitu A4	1:50	22
	Detail Balok Trestle	1:50	23
	Detail Tulangan Pelat Insitu Trestle	1:50	24
	Detail Penulangan Pile Cap Dermaga	1:50	25
	Detail Penulangan Abutmen Trestle	1:100 ; 1:25	26
	Detail Bollard dan Fender	1:25	27
	Detail Penulangan Pelat Fix Crane	1:50	28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
LAYOUT DERMAGA EKSISTING	1 : 2.000

NAMA MAHASISWA

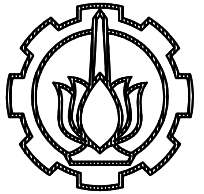
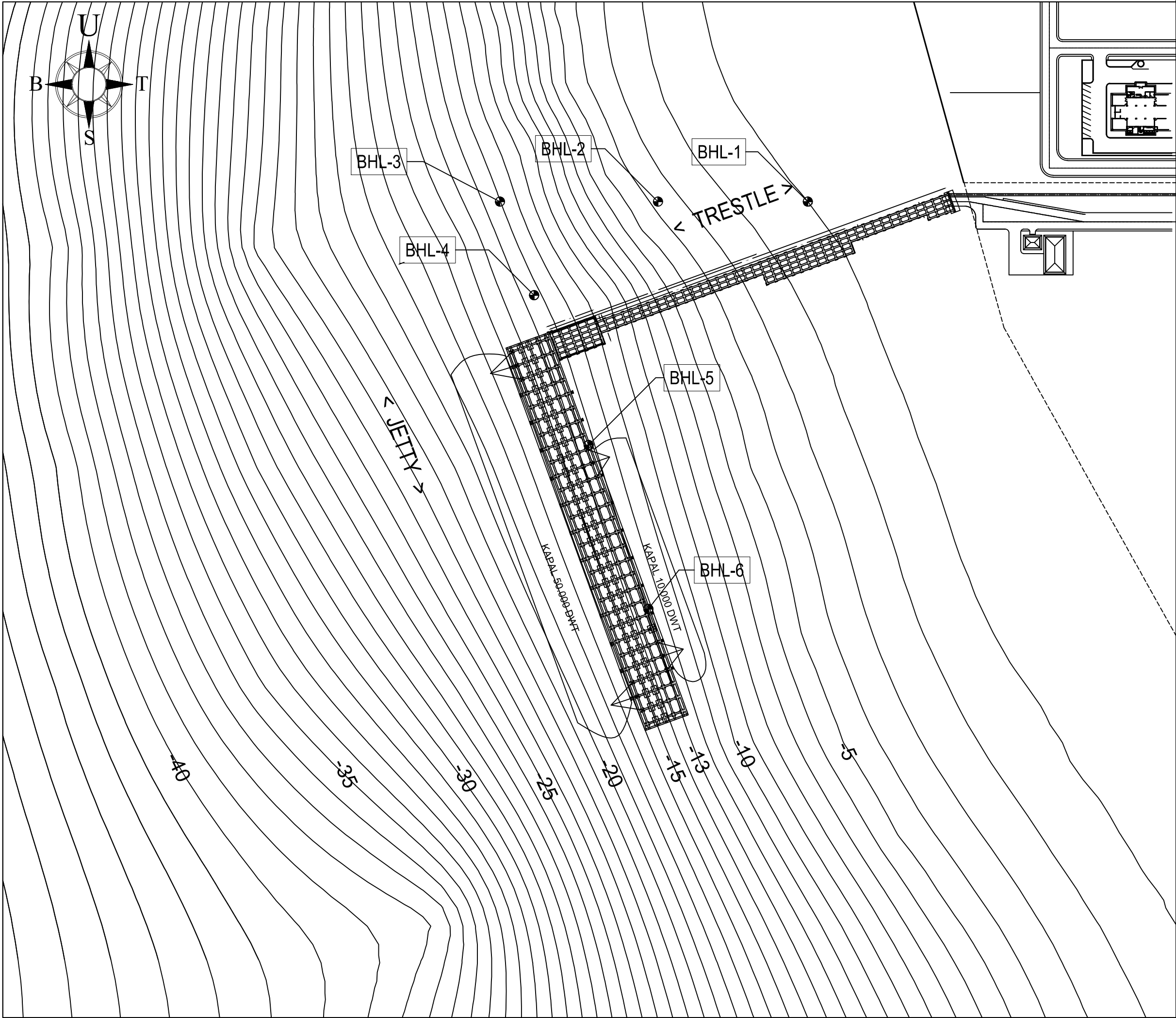
ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
1	28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
LAYOUT DERMAGA RENCANA	1 : 2.000

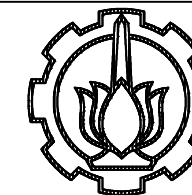
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
2	28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH DERMAGA	1 : 1.000
	1 : 500

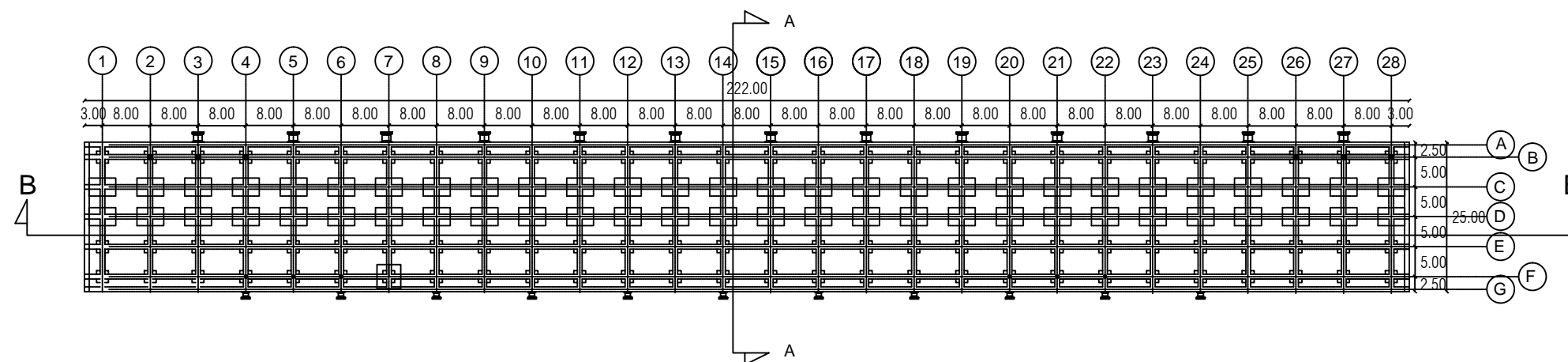
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

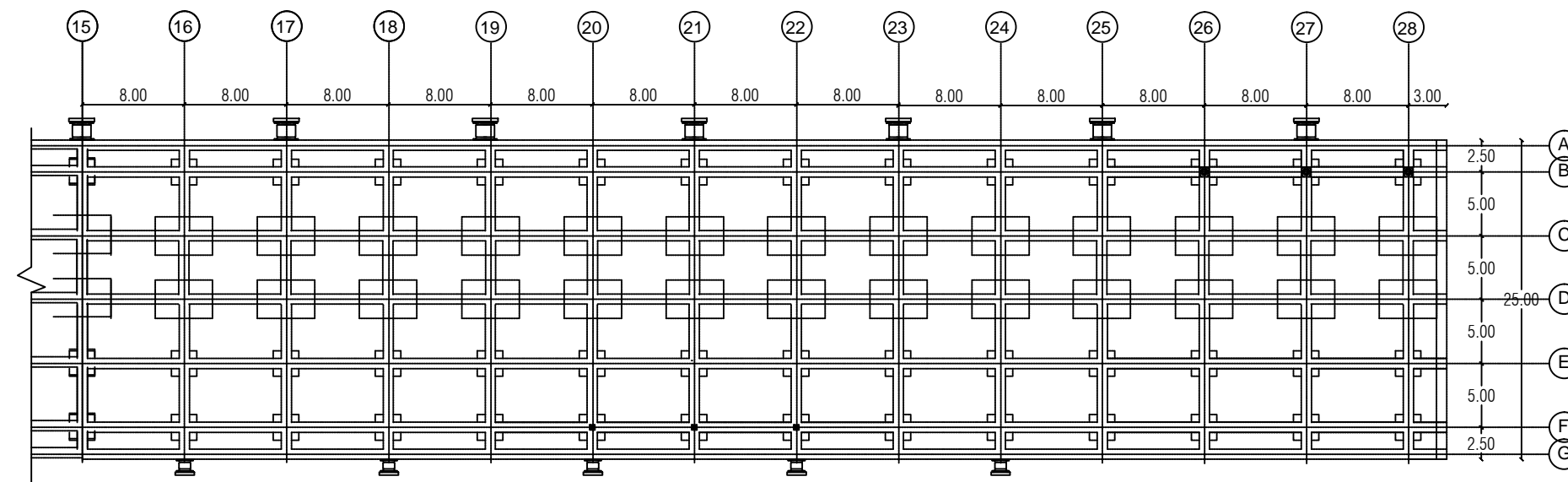
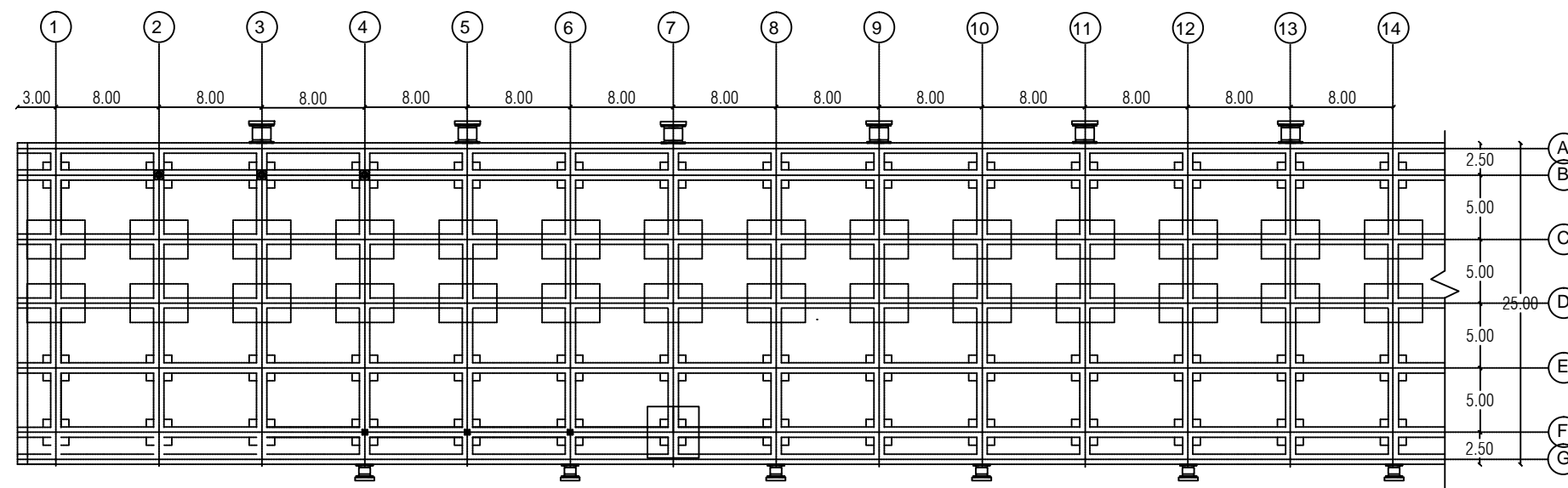
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

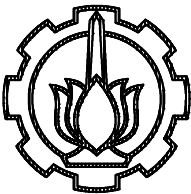
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
3	28



DENAH DERMAGA
SKALA 1 : 1.000



DENAH DERMAGA
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH PELAT DERMAGA	1 : 1.000
	1 : 500

NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

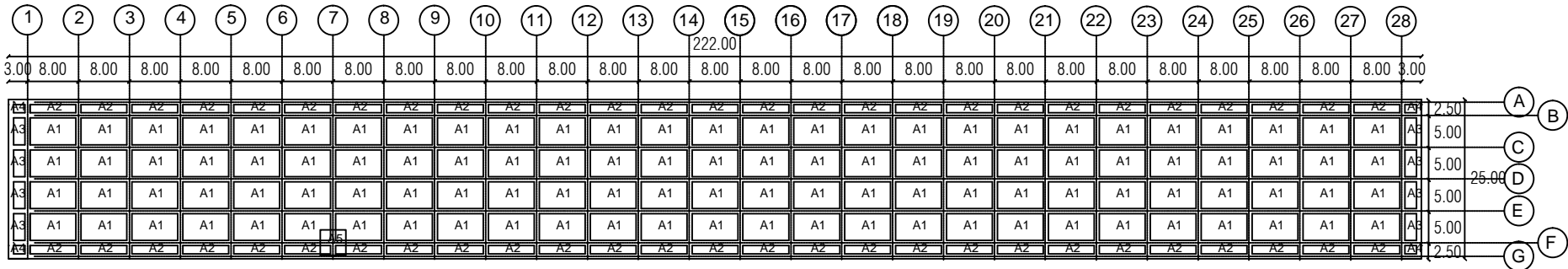
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

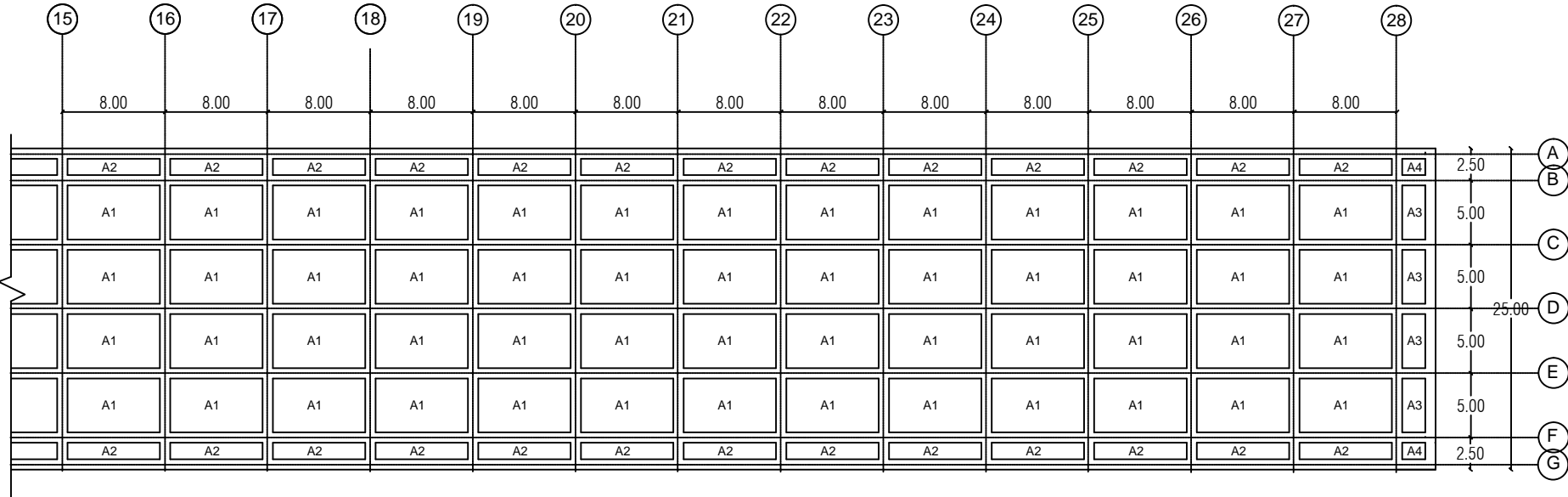
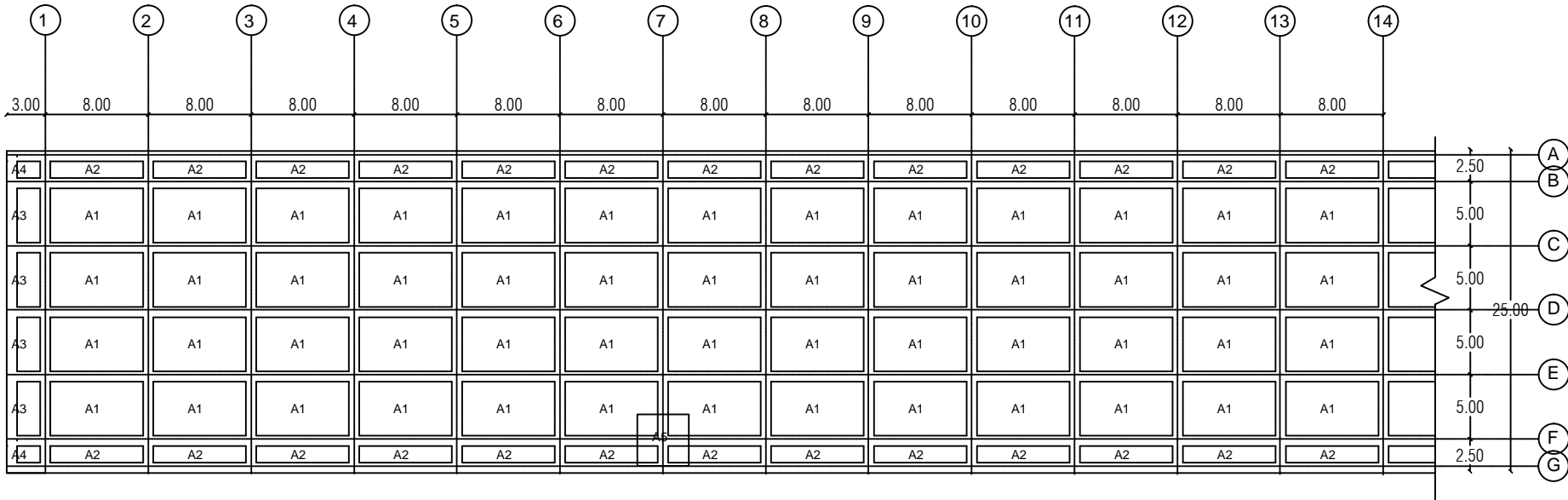
NO. GAMBAR JML. GAMBAR

4

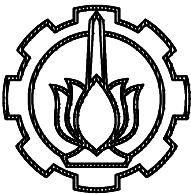
28



DENAH PLAT DERMAGA
SKALA 1 : 1.000



DENAH PLAT DERMAGA
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH PEMBALOKAN DERMAGA	1 : 1.000
	1 : 500

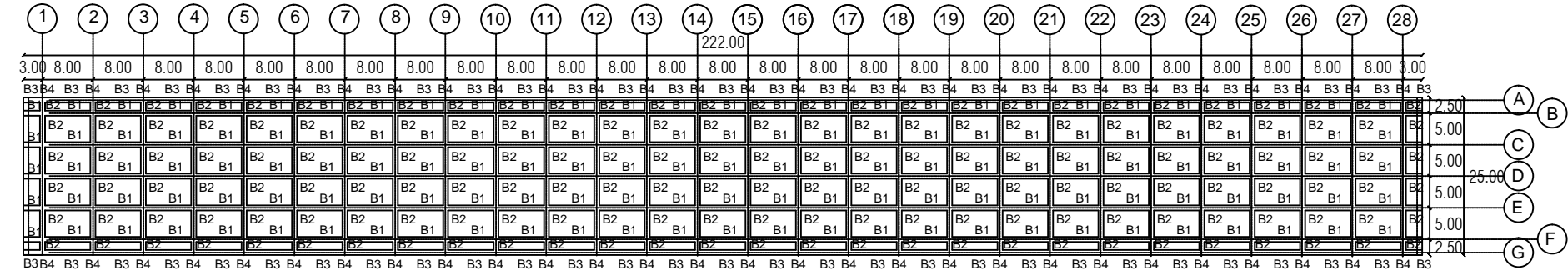
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

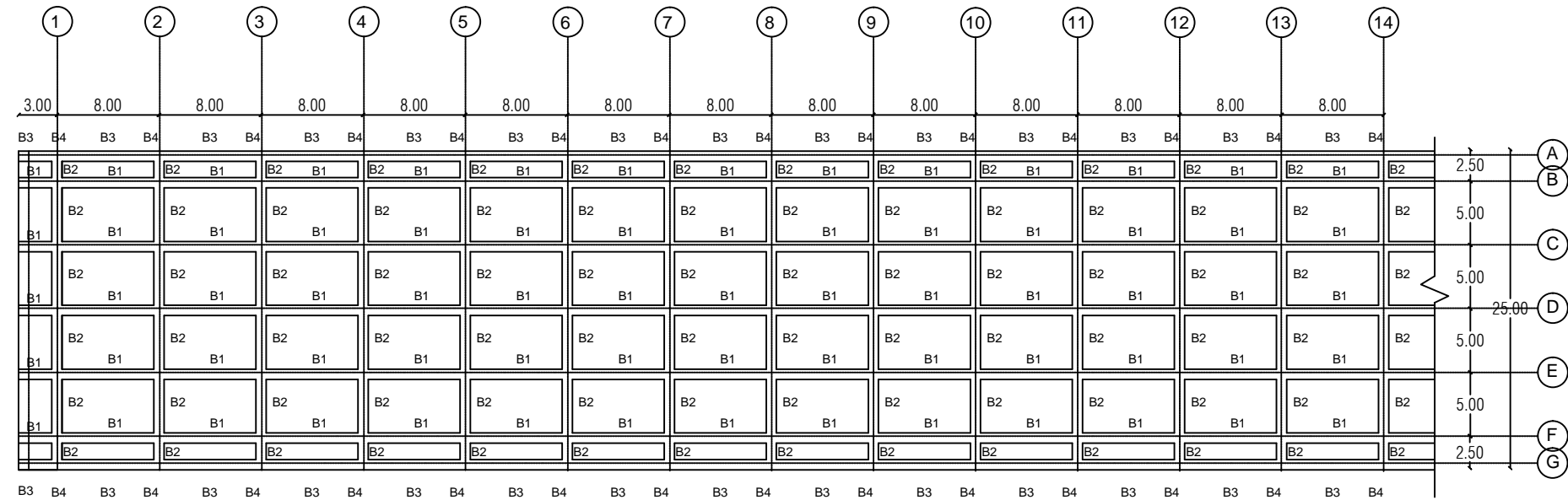
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

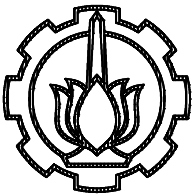
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
5	28



DENAH PEMBALOKAN DERMAGA
SKALA 1 : 1.000



DENAH PEMBALOKAN DERMAGA
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH	1 : 1.000
TIANG	1 : 200
PANCANG DAN PILE CAP	1 : 50

NAMA MAHASISWA

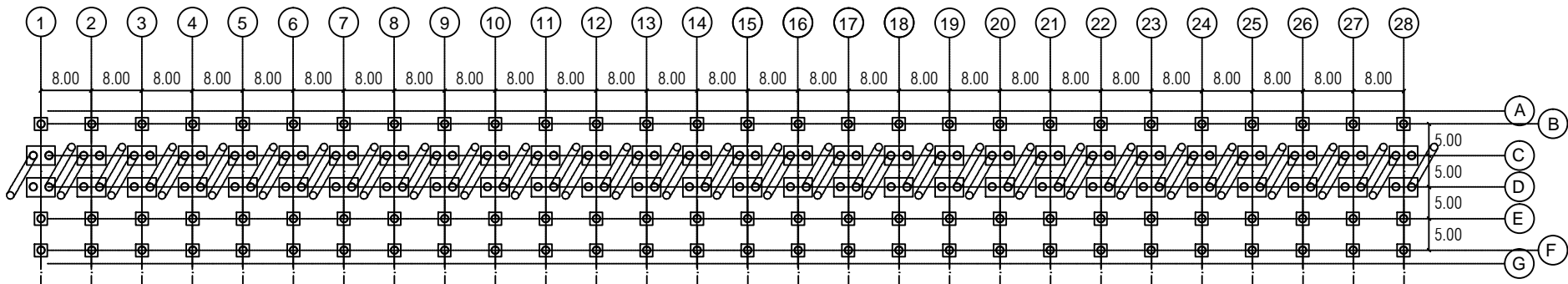
ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

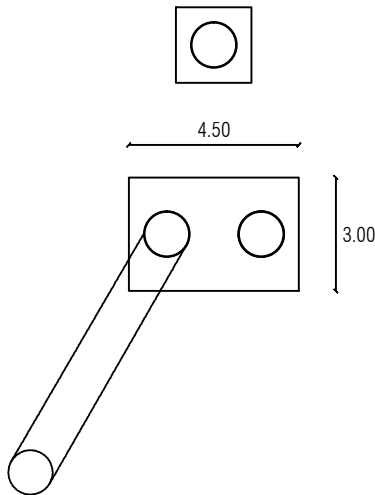
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
6	28

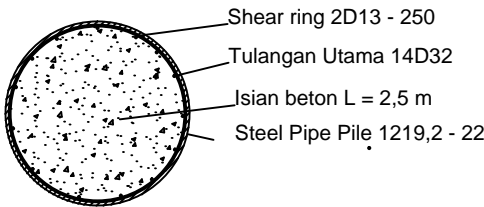


DENAH TIANG PANCANG DAN PILE CAP
SKALA 1 : 1.000

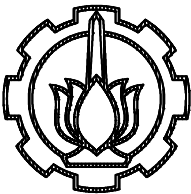


DENAH PILE CAP
SKALA 1 : 200

Jenis tiang	Steel Pipe Pile 1219,2 - 22
Mutu bahan	fy = 310 MPa
H tiang	Tiang tegak = 19 m dari muka tanah Tiang miring = 21 m dari muka tanah
Jumlah	196 piece



DETAIL TIANG PANCANG
SKALA 1 : 50



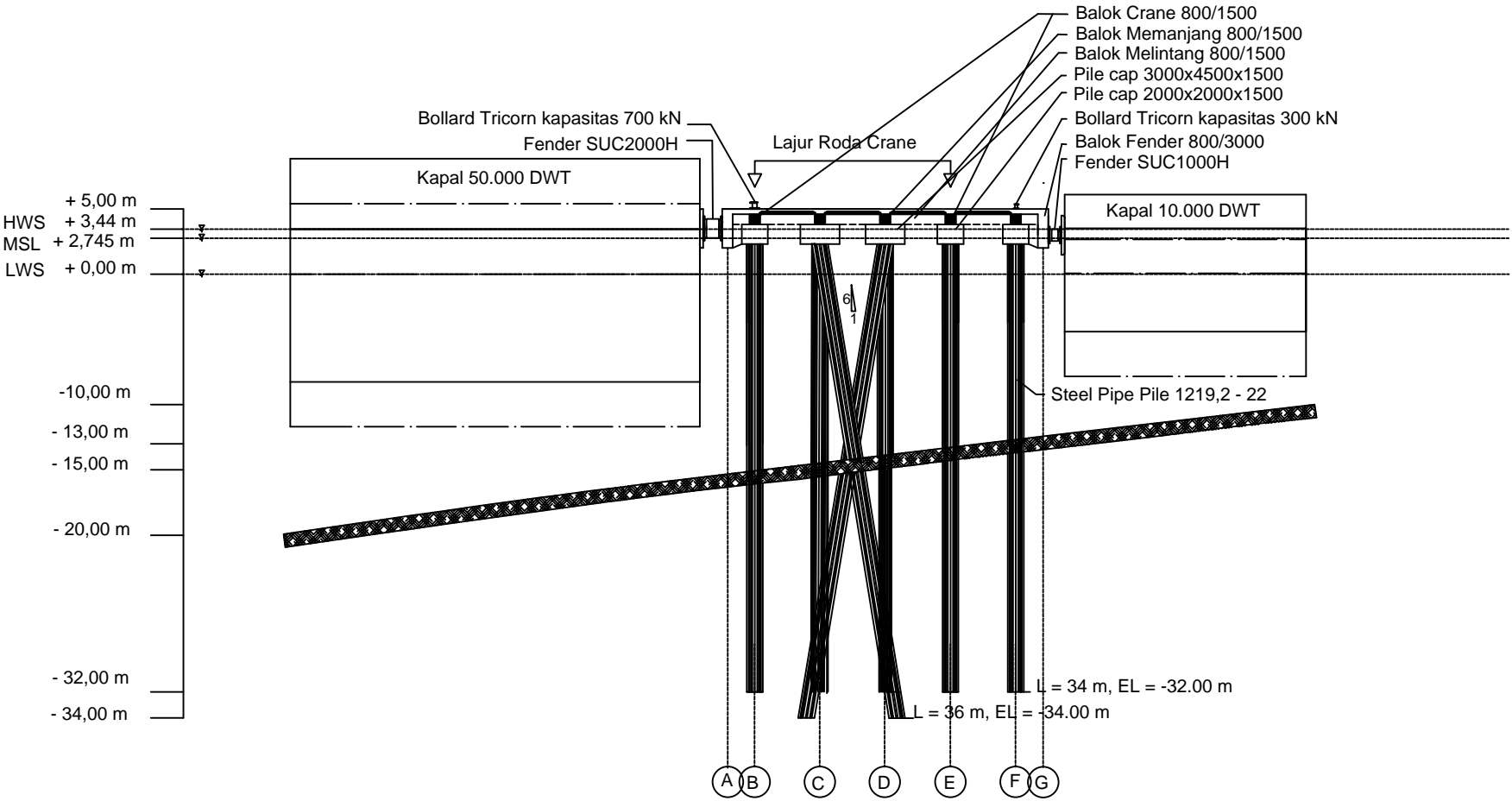
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

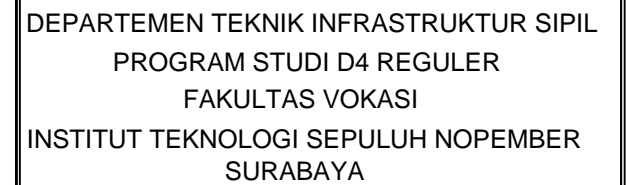
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
POTONGAN A - A DERMAGA	1 : 500
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
7	28



POTONGAN A - A DERMAGA
SKALA 1:500



DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

SKALA

POTONGAN B - B DERMAGA

1 : 1.000

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP.19600105 198603 1 003

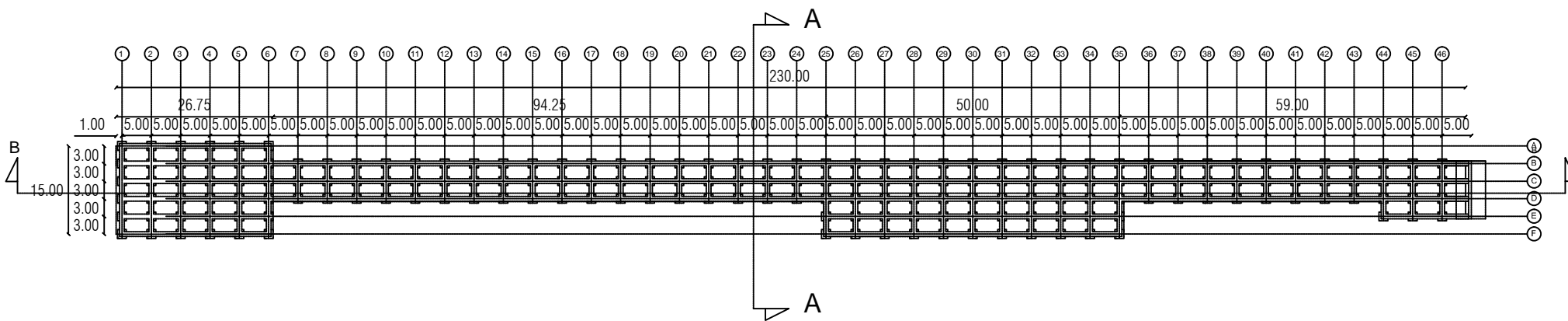
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP.19550319 198403 1 001

JML. GAMBAR

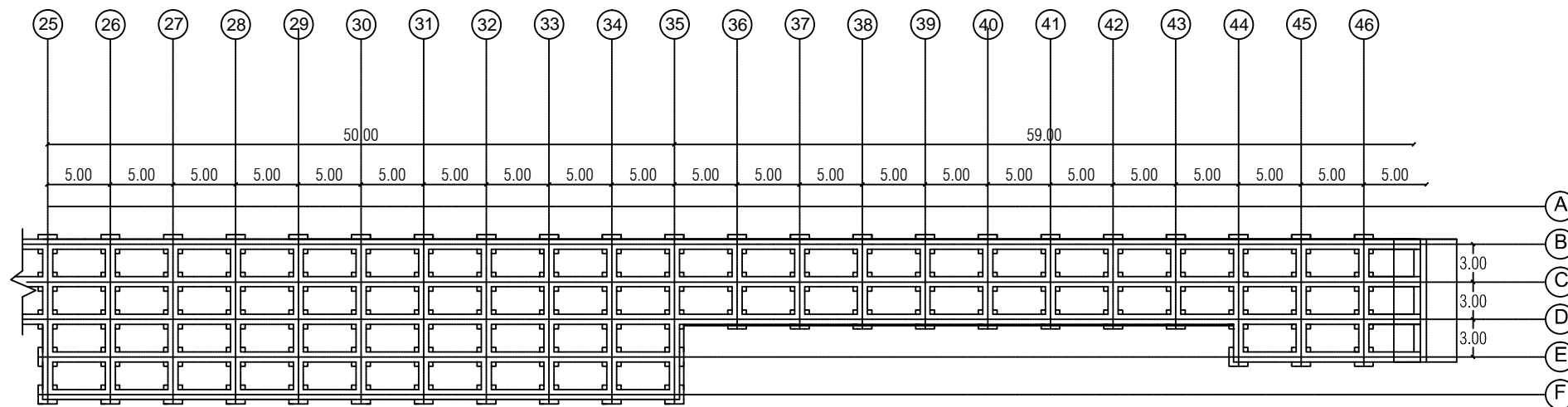
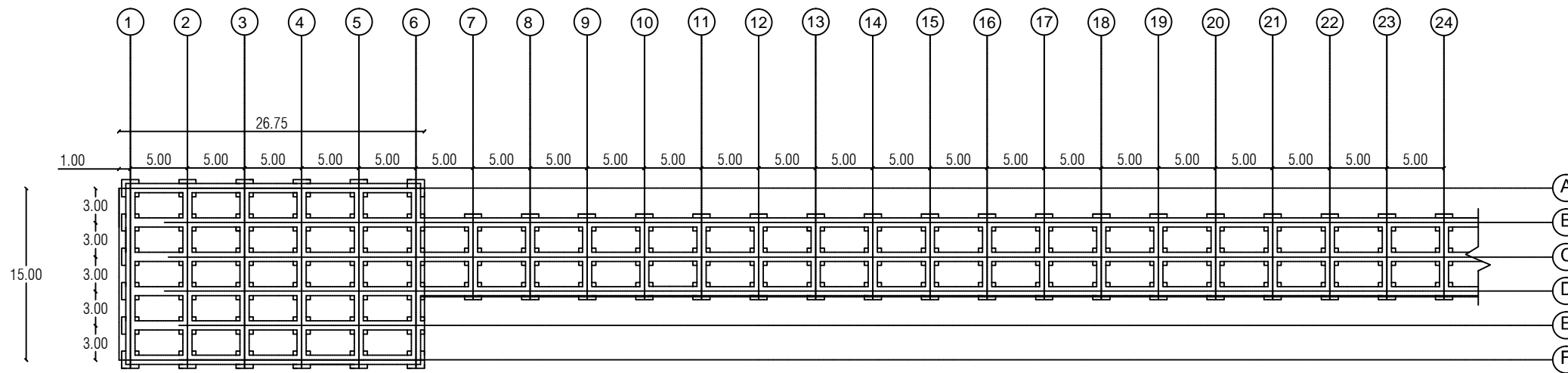
28



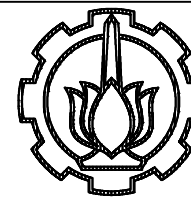
POTONGAN B - B DERMAGA
SKALA 1 : 1.000



DENAH TRESTLE
SKALA 1 : 1.000



DENAH TRESTLE
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH TRESTLE	1 : 1.000 1 : 500

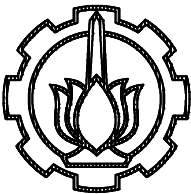
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
9	28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH PELAT TRESTLE	1 : 1.000
	1 : 500

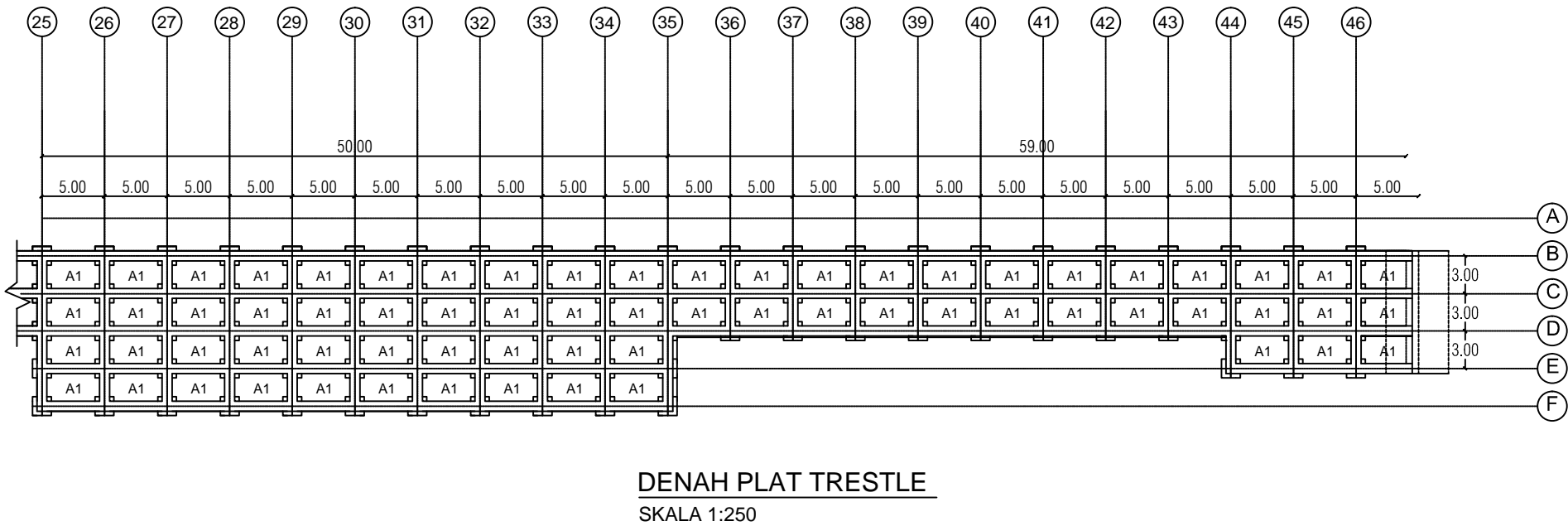
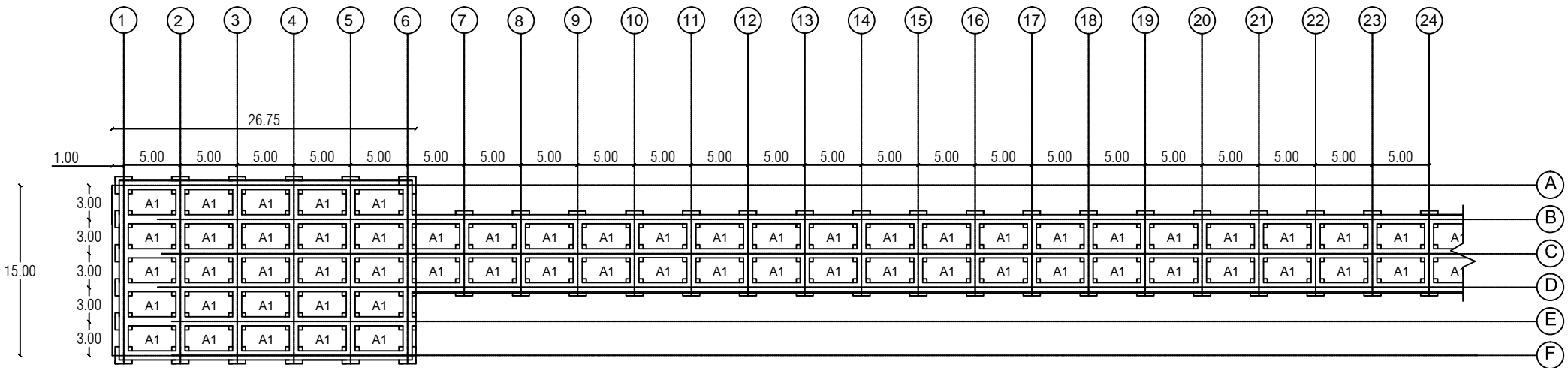
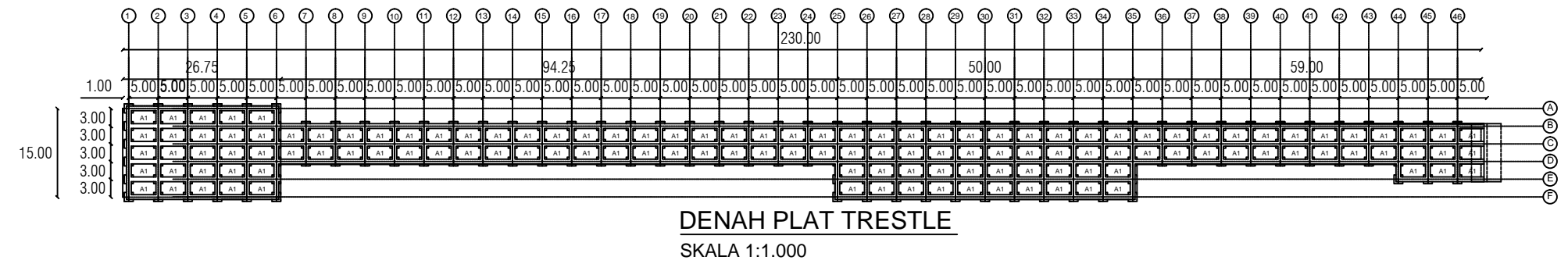
NAMA MAHASISWA

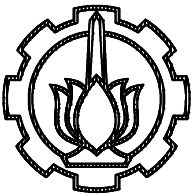
ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
10	28





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH PEMBALOKAN TRESTLE	1 : 1.000
	1 : 500

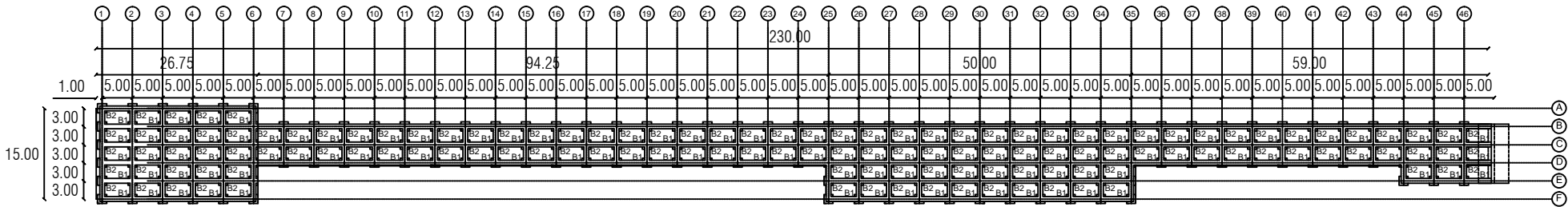
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

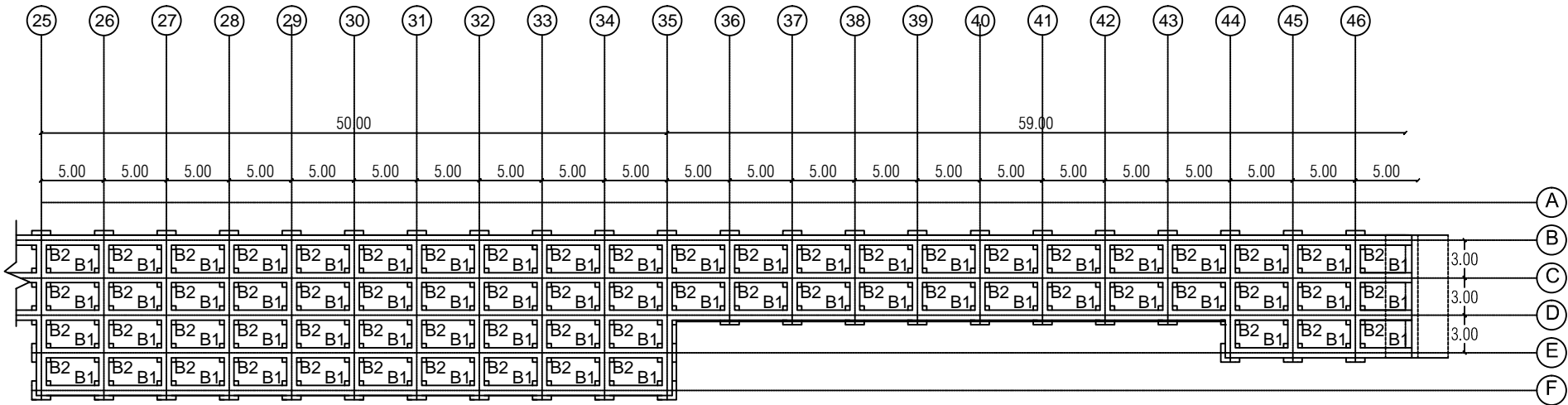
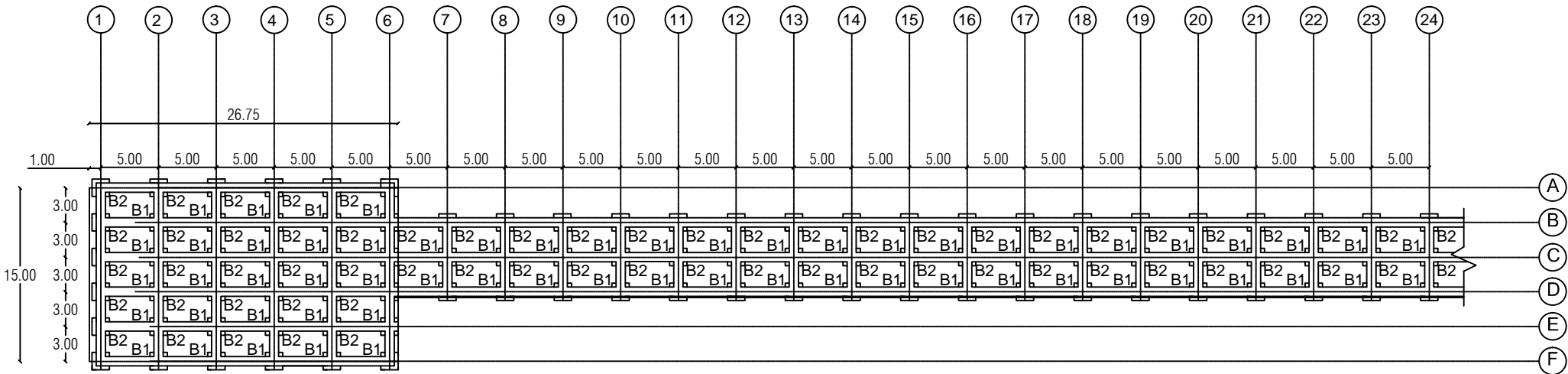
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

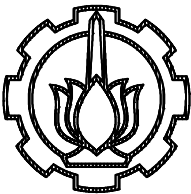
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
11	28



DENAH PEMBALOKAN TRESTLE
SKALA 1 : 1.000



DENAH PEMBALOKAN TRESTLE
SKALA 1 : 500



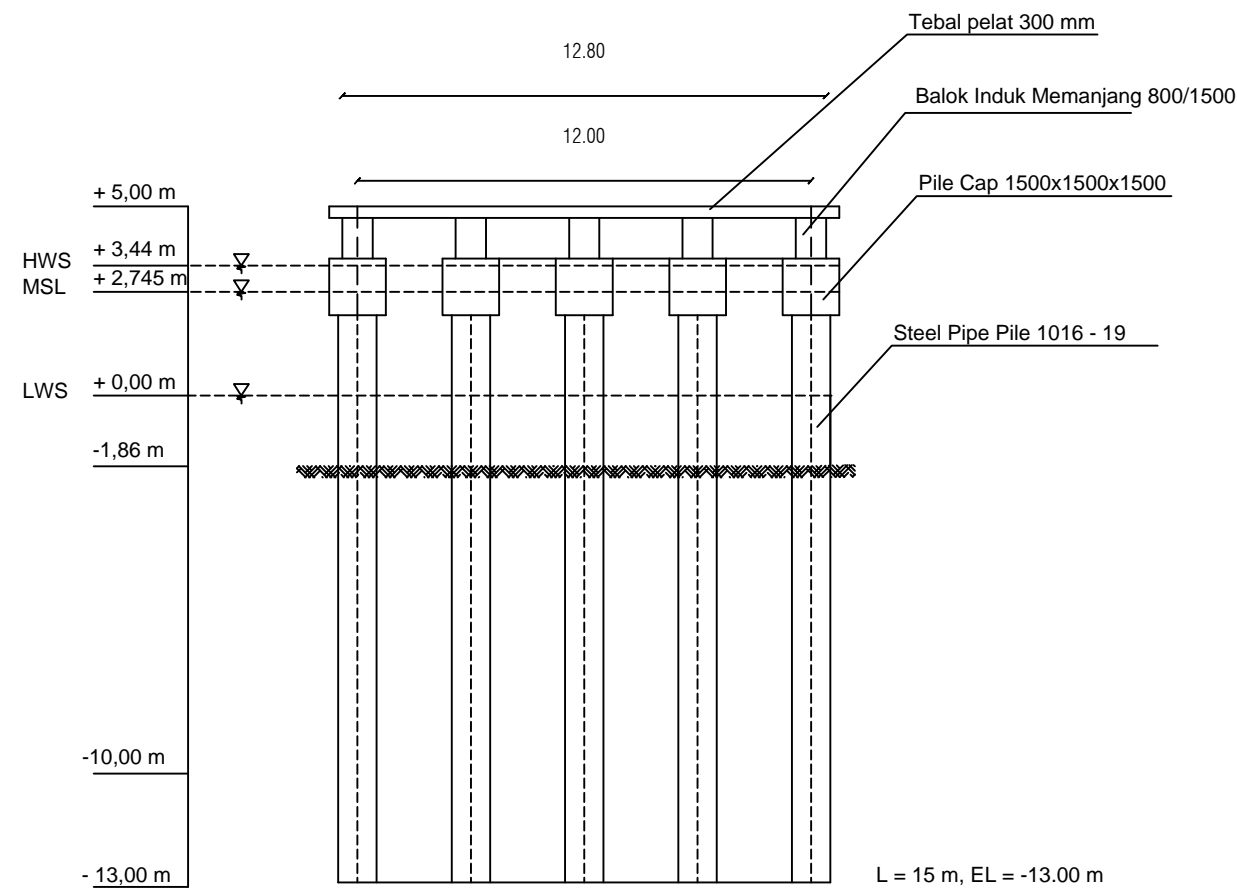
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

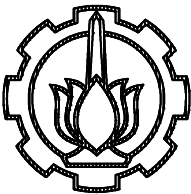
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
POTONGAN A - A TRESTLE	1 : 200
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
12	28



POTONGAN A - A TRESTLE
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR SKALA

POTONGAN
B - B TRESTLE 1 : 500

NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

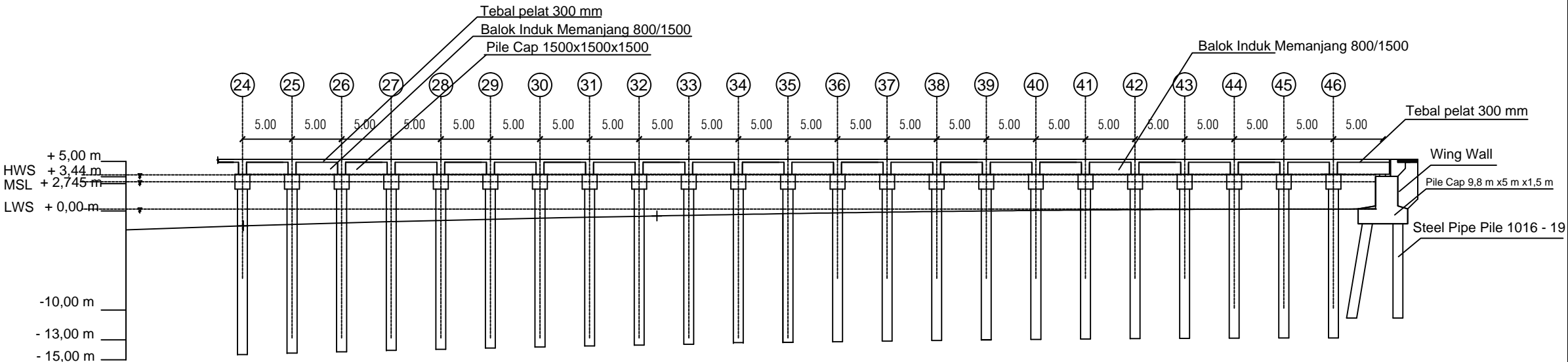
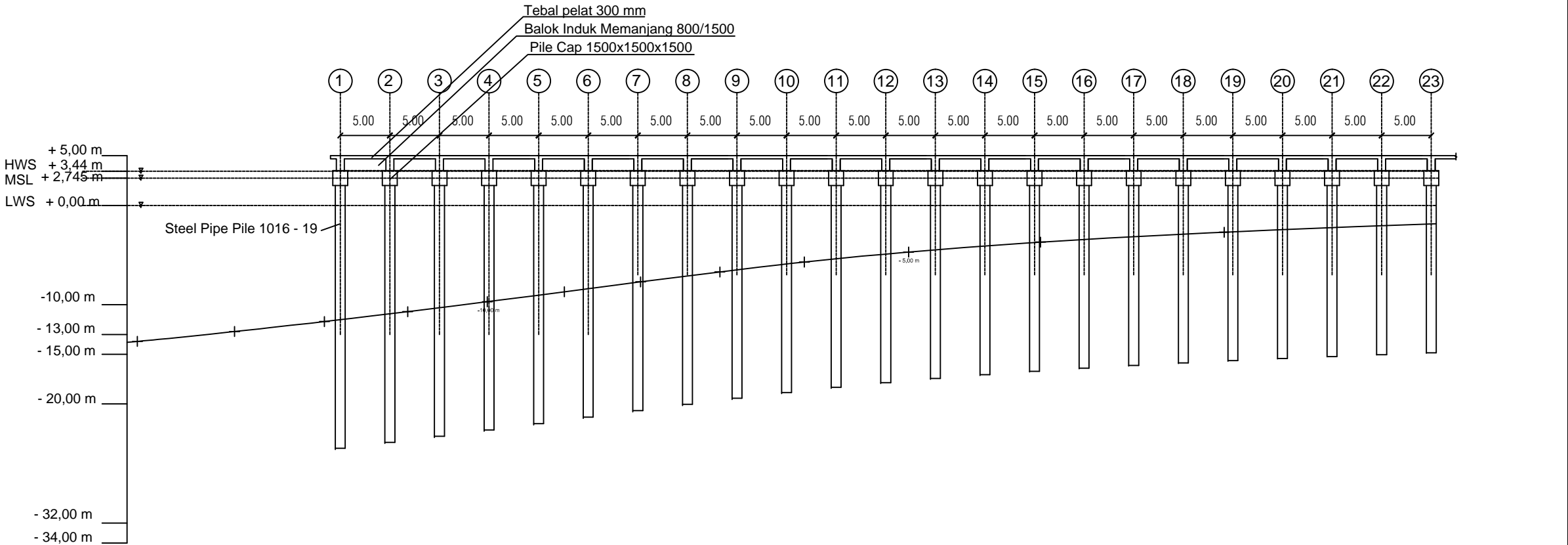
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

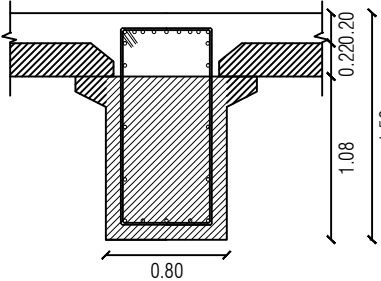
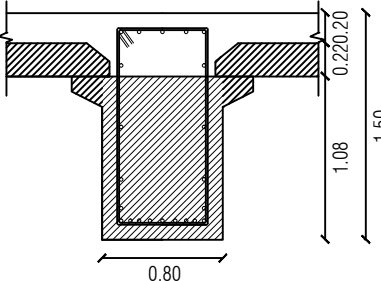
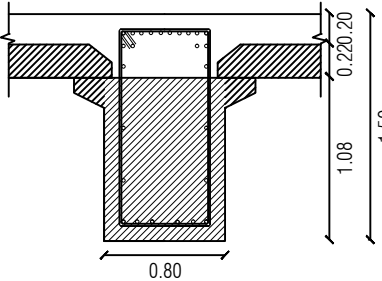
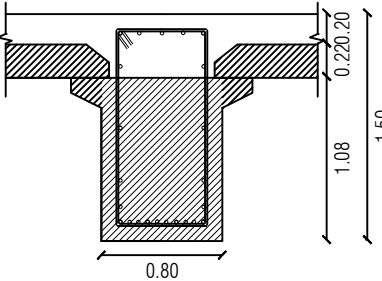
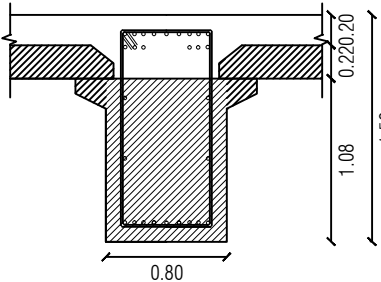
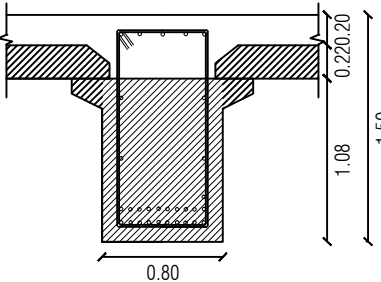
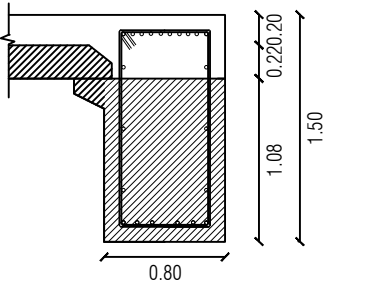
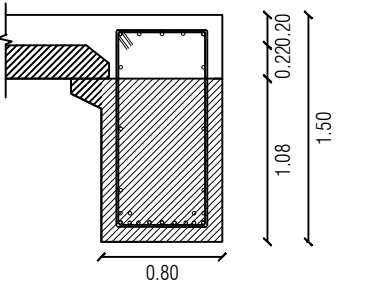
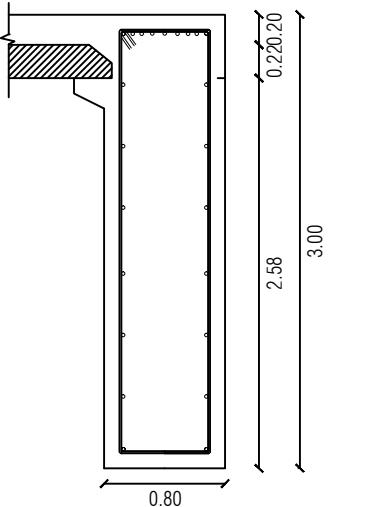
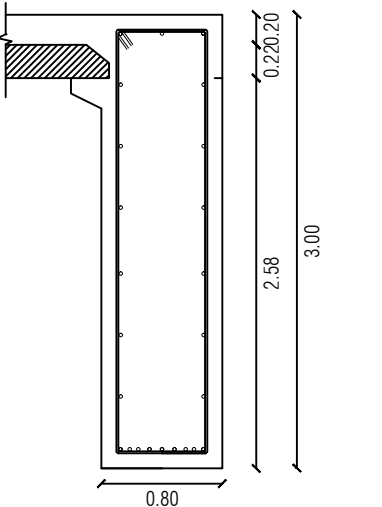
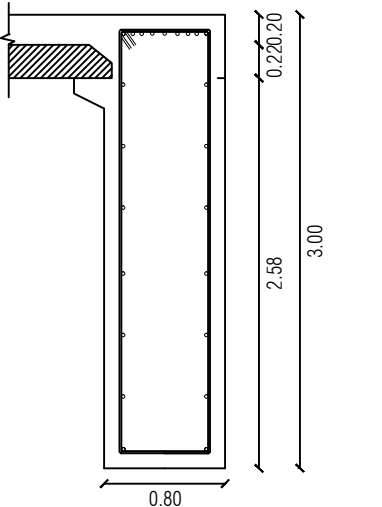
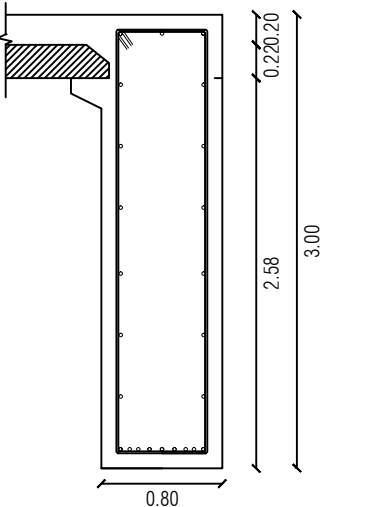
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

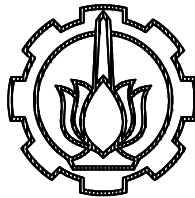
13 28



POTONGAN B - B TRESTLE
SKALA 1 : 500

JENIS FRAME	Balok Memanjang 80/150		JENIS FRAME	Balok Crane 80/150	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
					
TULANGAN ATAS	11 D25	5 D25	TULANGAN ATAS	14 D25	5 D25
TULANGAN BAWAH	5 D25	11 D25	TULANGAN BAWAH	6 D25	12 D25
TULANGAN PINGGANG	3 D25	3 D25	TULANGAN PINGGANG	3 D25	3 D25
SENGKANG	2 kaki D13 - 50	2 kaki D13 - 150	SENGKANG	2 kaki D13 - 50	2 kaki D13- 150
JENIS FRAME	Balok Melintang 80/150		JENIS FRAME	Balok List Plank 80/150	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
					
TULANGAN ATAS	15 D25	5 D25	TULANGAN ATAS	10 D25	5 D25
TULANGAN BAWAH	9 D25	21 D25	TULANGAN BAWAH	6 D25	13 D25
TULANGAN PINGGANG	2 D25	2 D25	TULANGAN PINGGANG	3 D25	3 D25
SENGKANG	2 kaki D13 - 50	2 kaki D13 - 150	SENGKANG	2 kaki D13 - 50	2 kaki D13 - 200
JENIS FRAME	Balok Fender 80/300		JENIS FRAME	Balok Fender 80/300	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
					
TULANGAN ATAS	9 D25	3 D25	TULANGAN ATAS	9 D25	3 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	9 D25	TULANGAN BAWAH	2 D25	9 D25
TULANGAN PINGGANG	6 D25	6 D25	TULANGAN PINGGANG	6 D25	6 D25
SENGKANG	2 kaki D13 - 100	2 kaki D13 - 200	SENGKANG	2 kaki D13 - 100	2 kaki D13 - 200

DETAIL BALOK DERMAGA
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL BALOK

1 : 50

NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

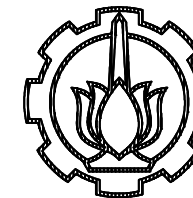
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

14

28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK	1 : 50

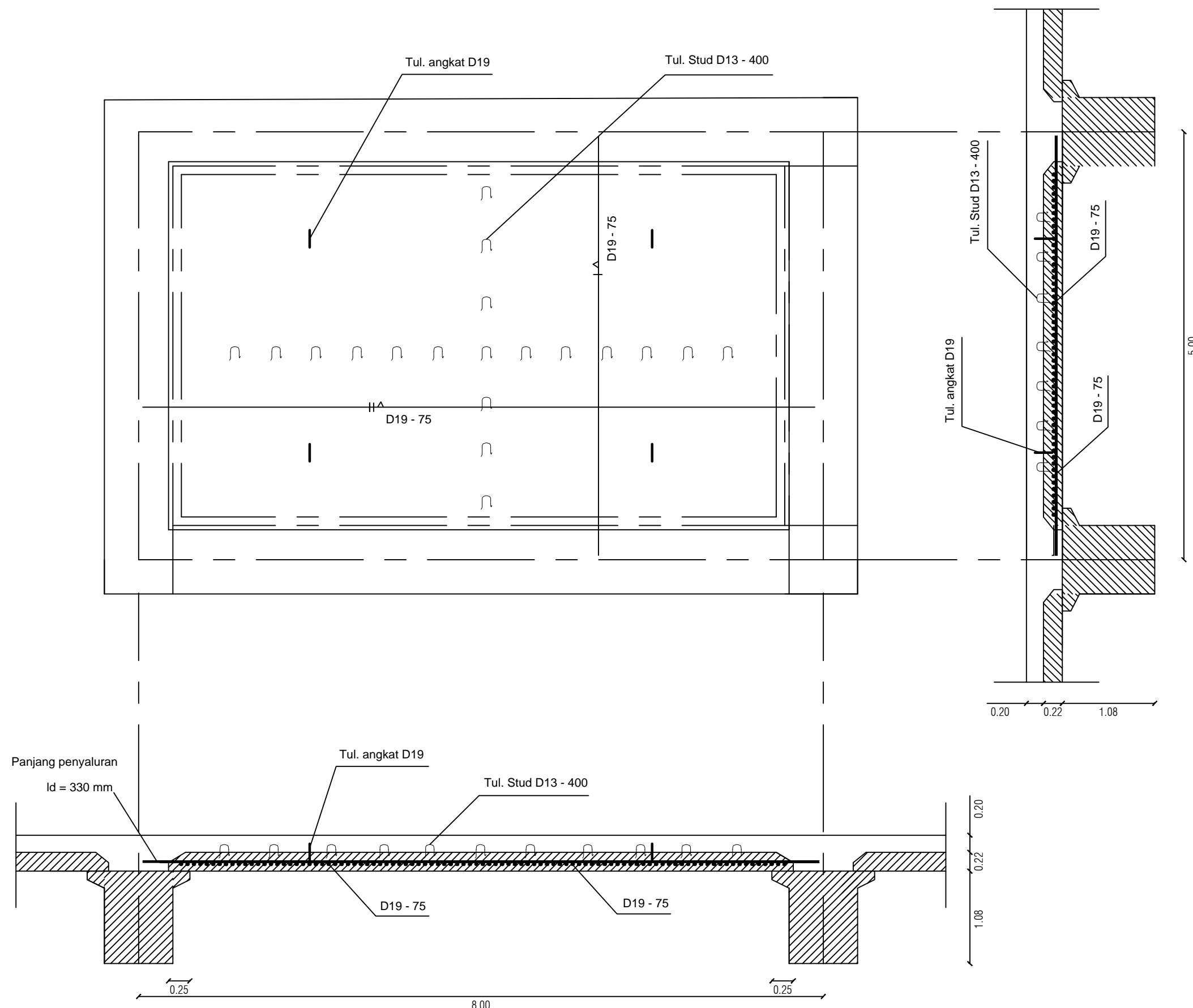
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

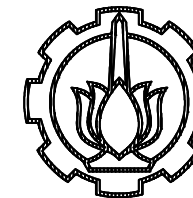
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
15	28



DETAIL TULANGAN PELAT PRACETAK A1
SKALA 1:50



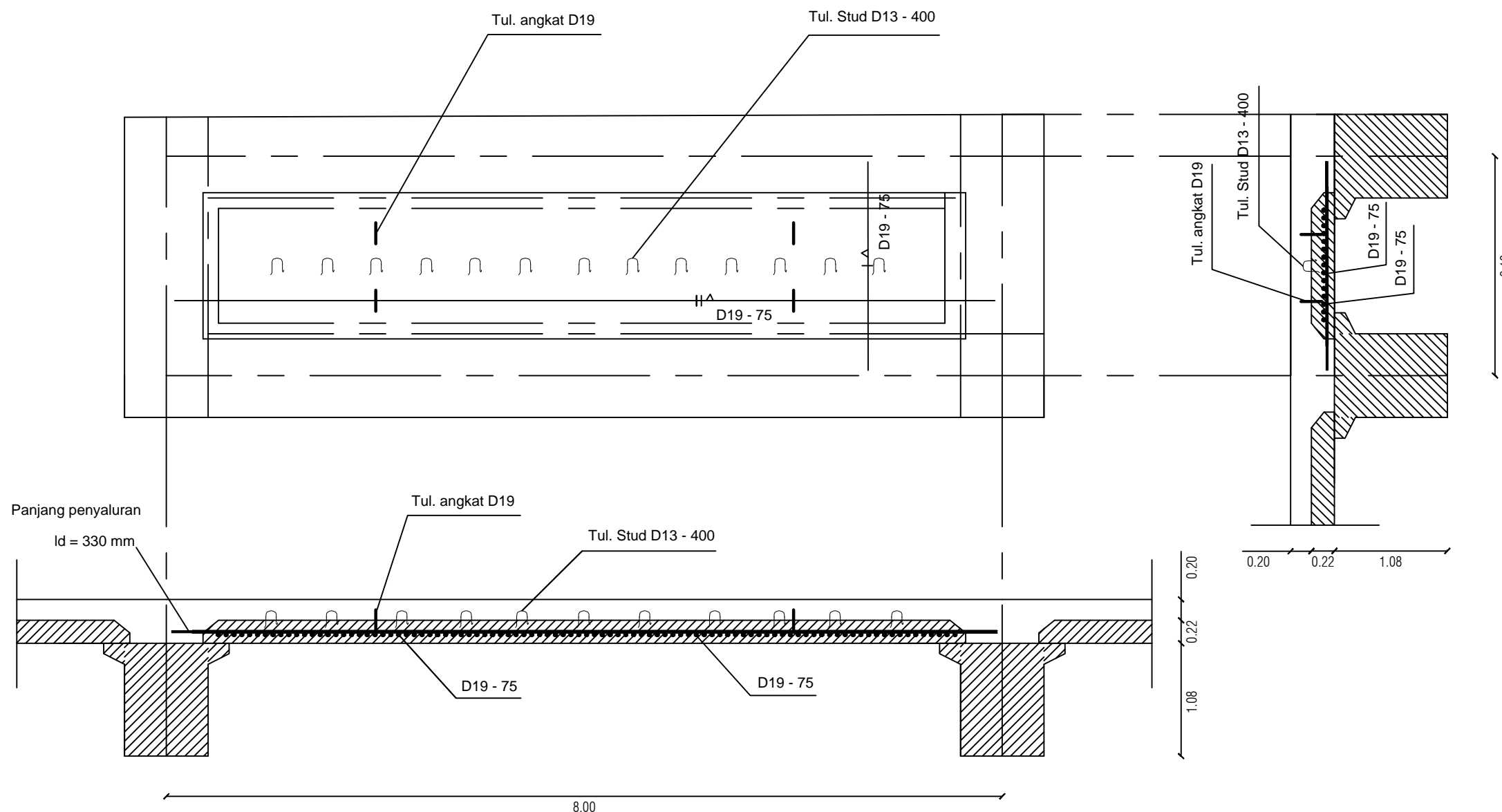
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

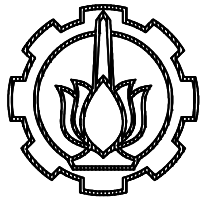
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
16	28



DETAIL TULANGAN PELAT PRACETAK A2
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK	1 : 50

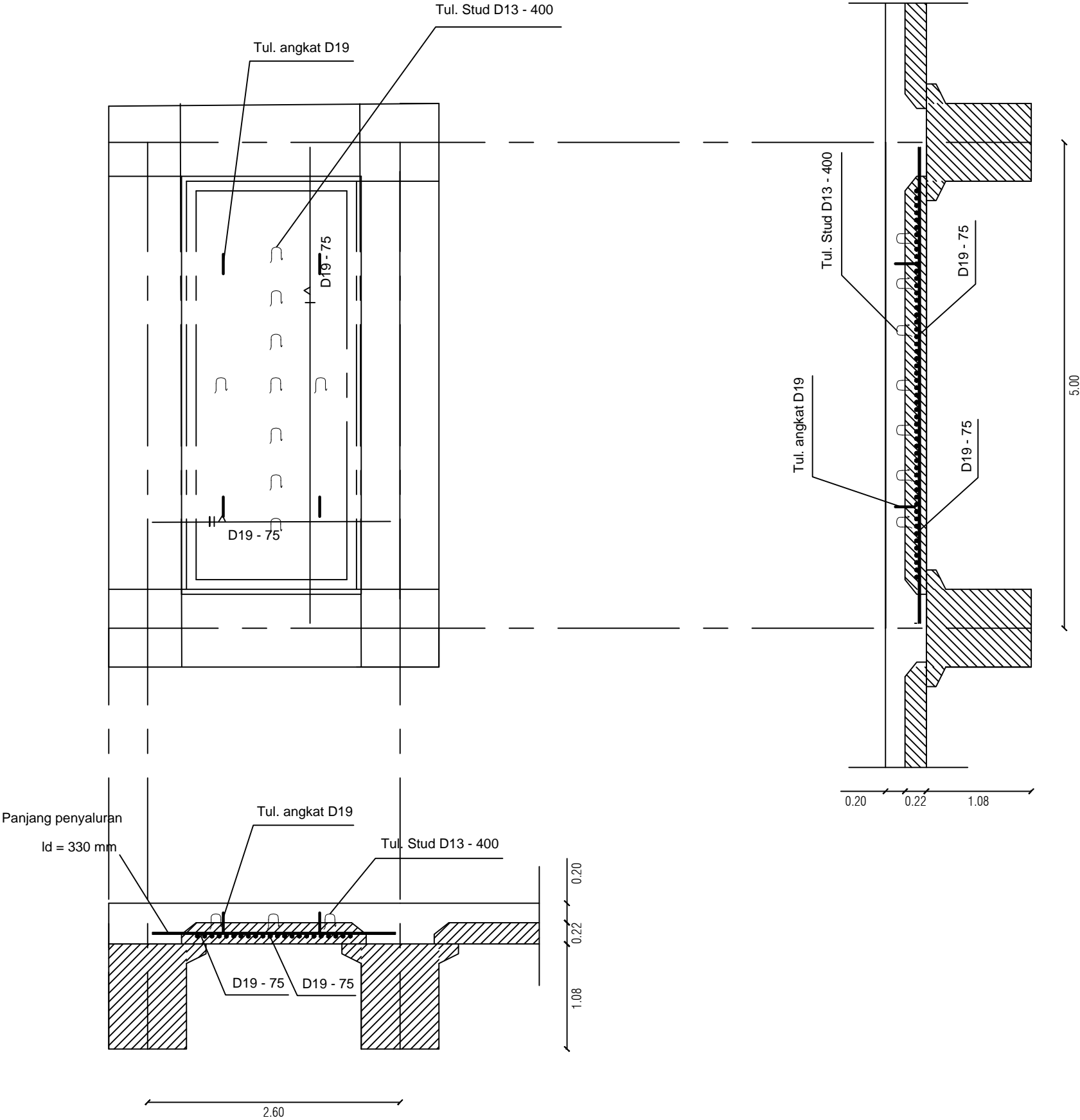
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

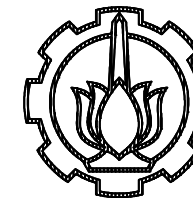
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
17	28



DETAIL TULANGAN PELAT PRACETAK A3
SKALA 1:50



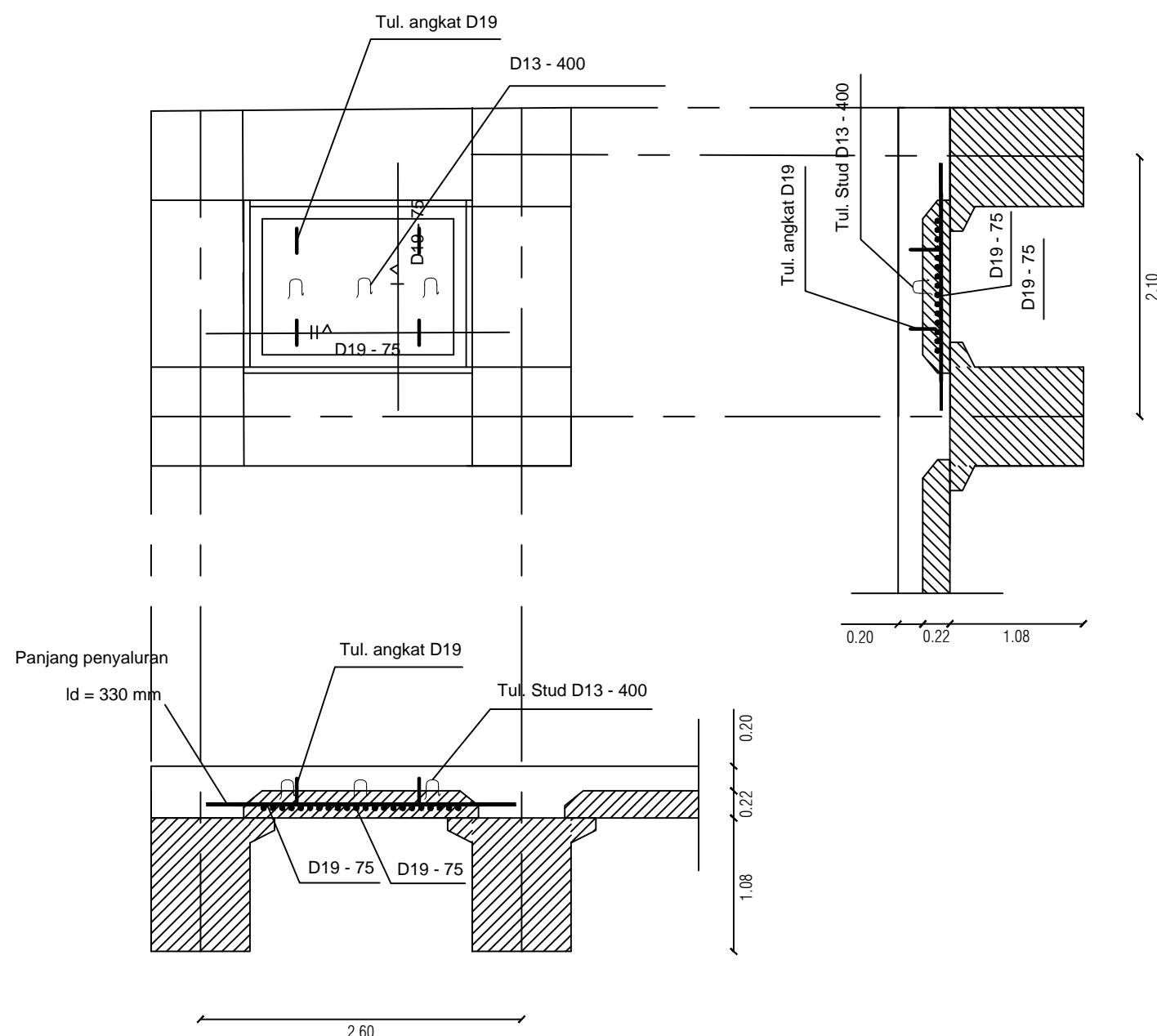
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

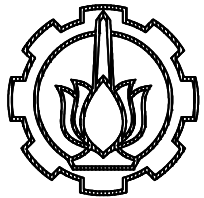
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
18	28



DETAIL TULANGAN PELAT PRACETAK A4
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU	1 : 50

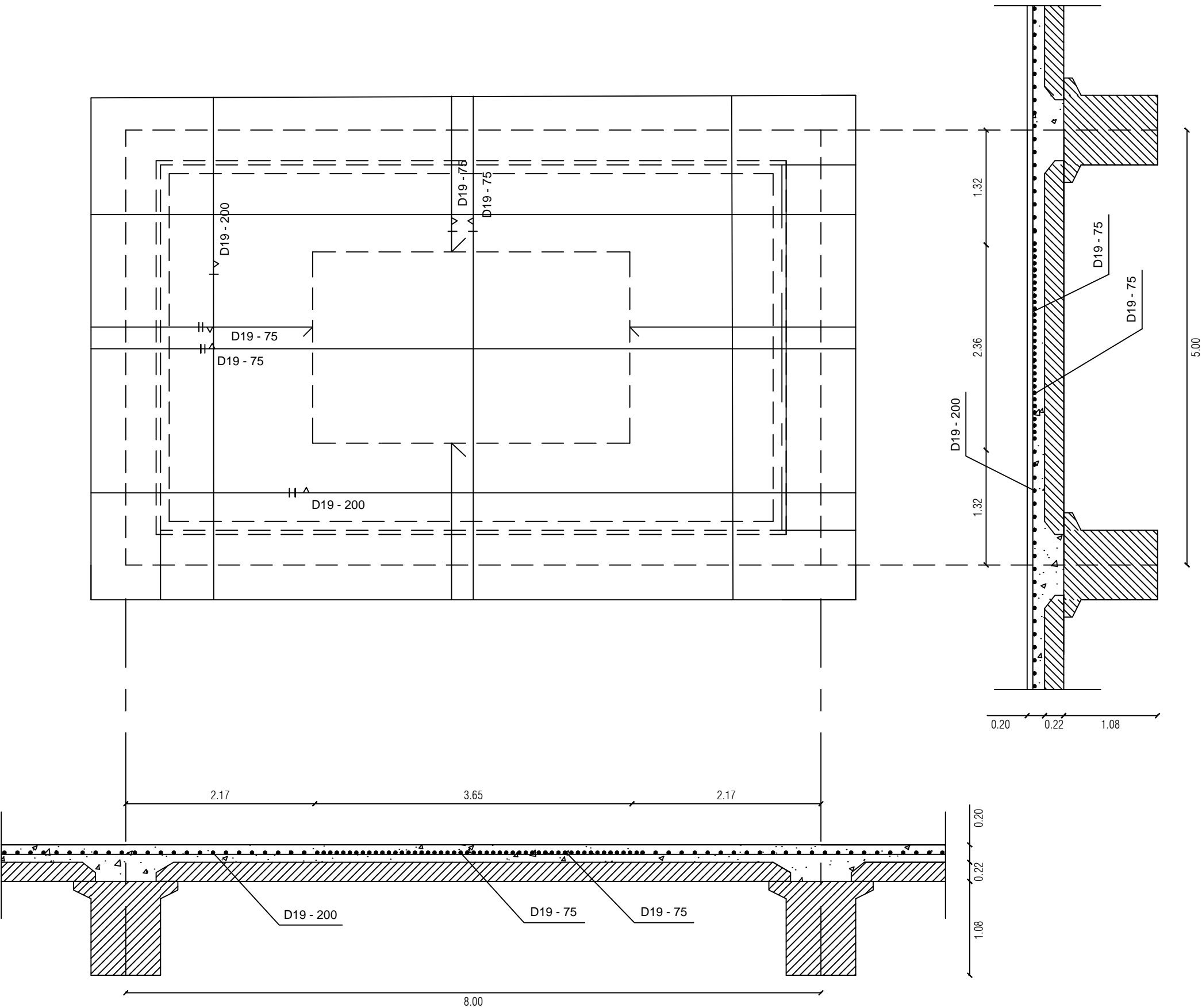
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

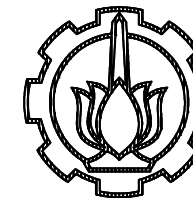
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
19	28



DETAIL TULANGAN PELAT INSITU A1
SKALA 1:50



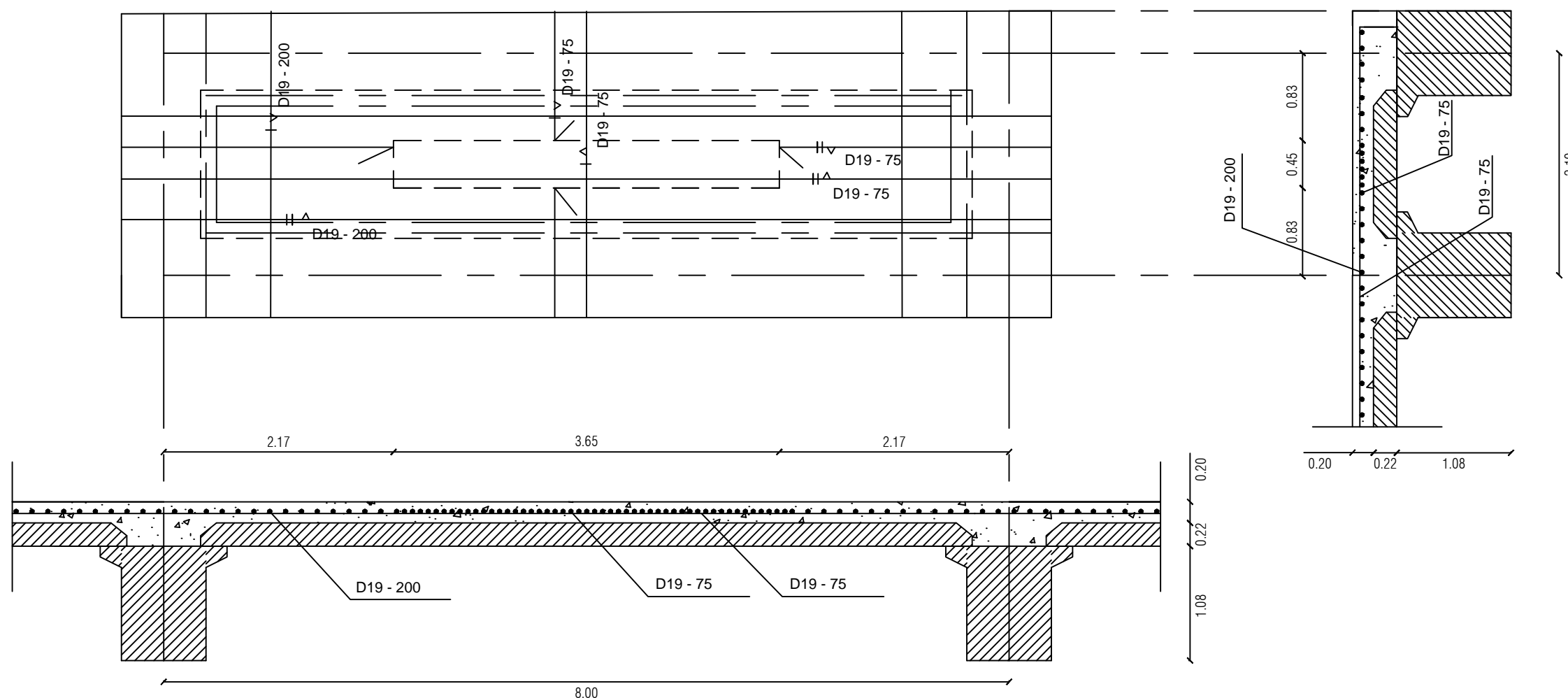
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

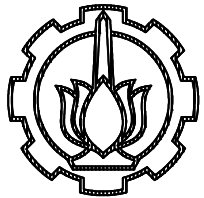
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
20	28



DETAIL TULANGAN PELAT INSITU A2
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU	1 : 50

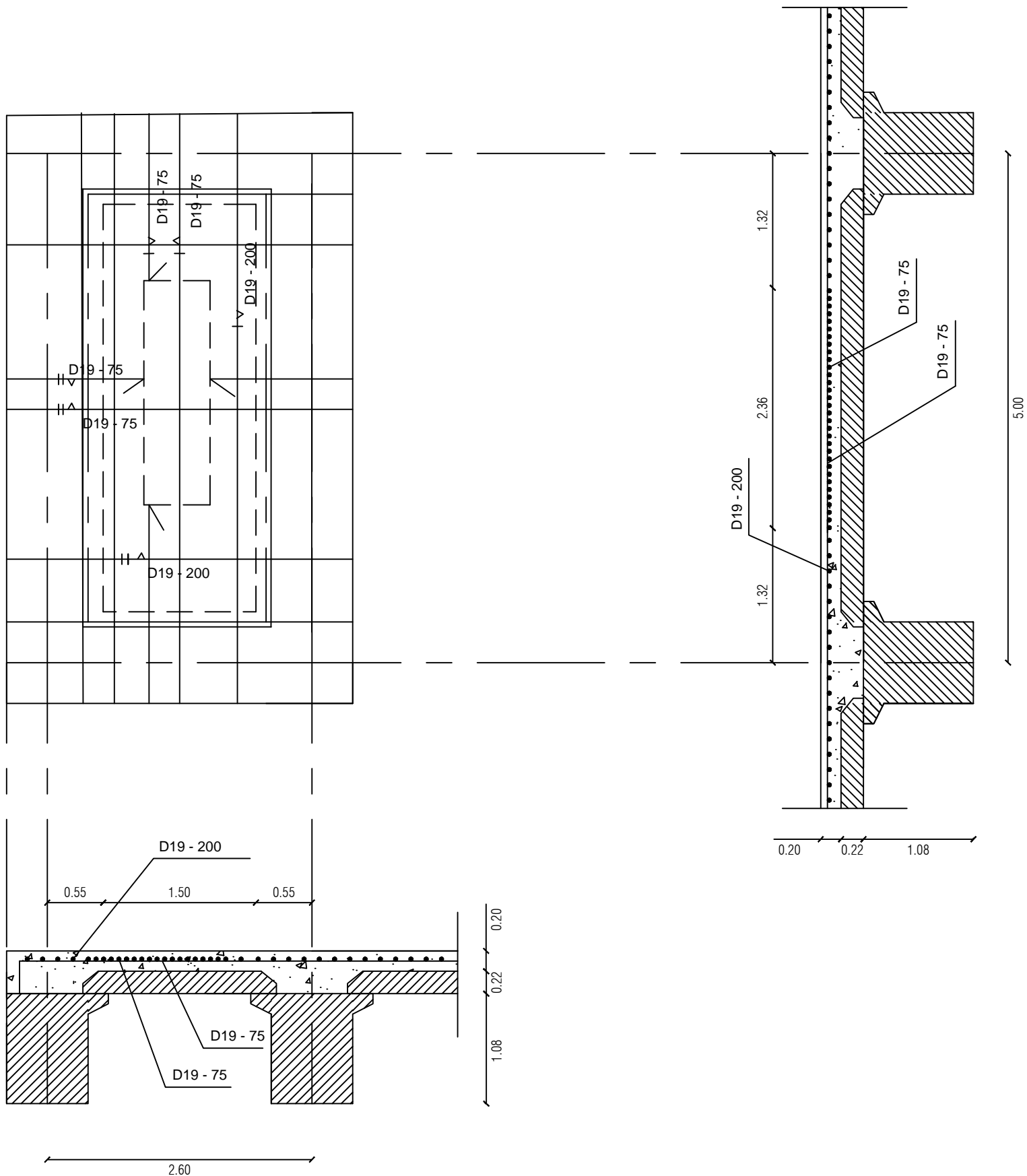
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

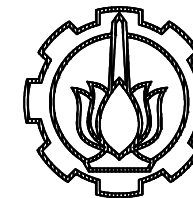
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
21	28



DETAIL TULANGAN PELAT INSITU A3
SKALA 1:50



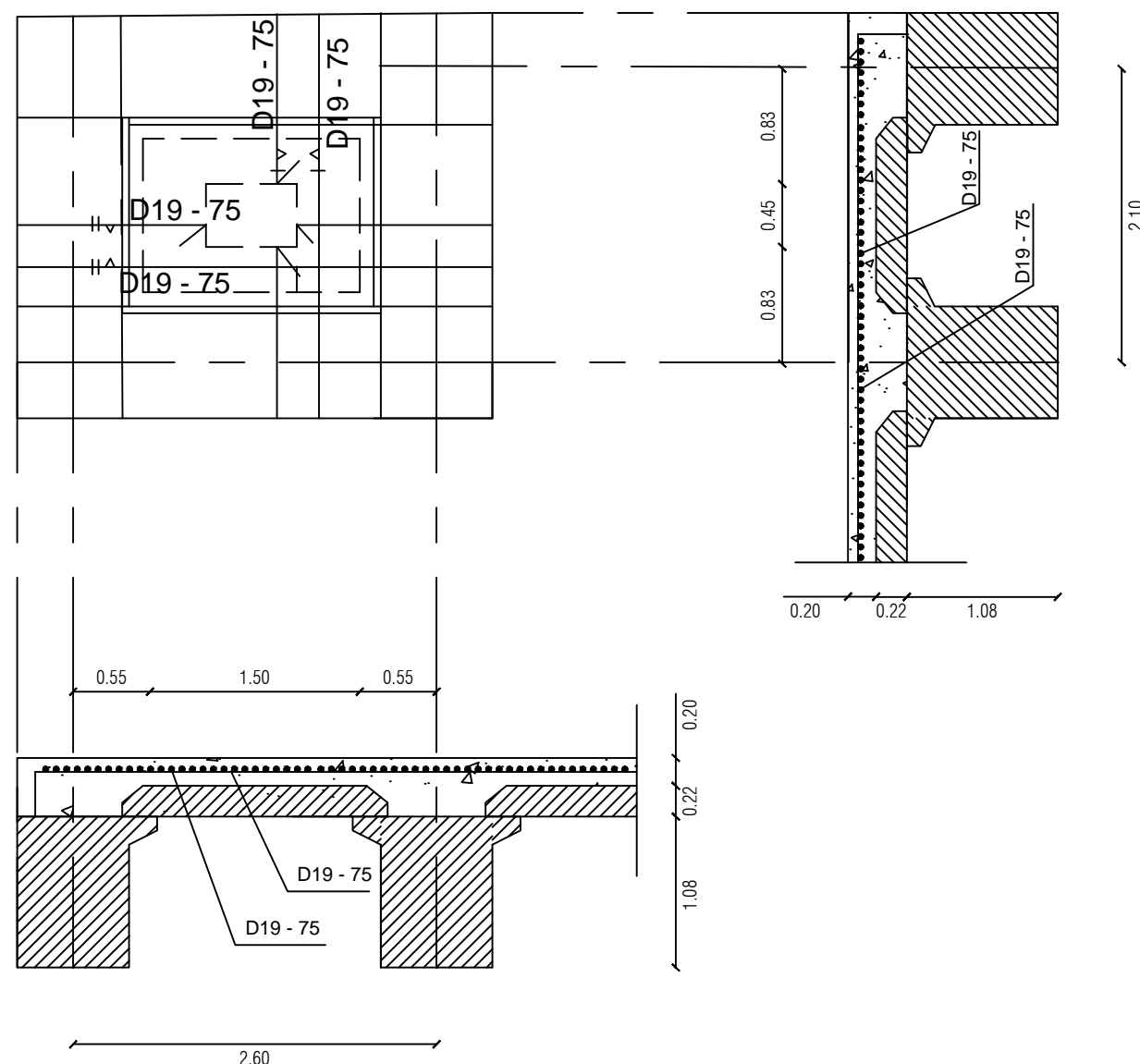
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

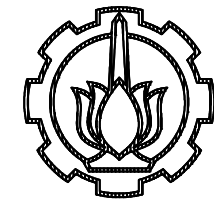
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
22	28



DETAIL TULANGAN PELAT INSITU A4
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL BALOK	1 : 50

NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

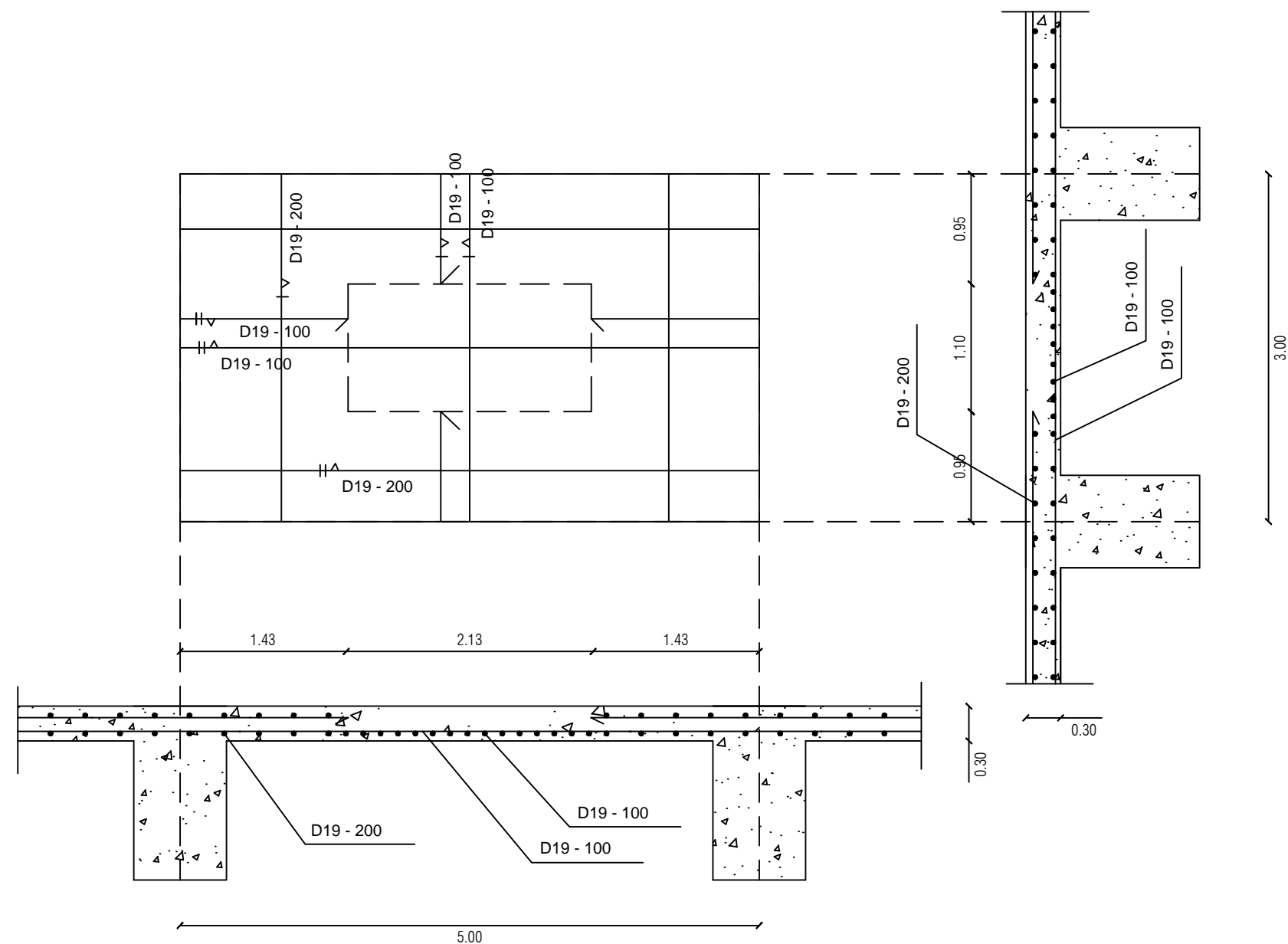
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
23	28

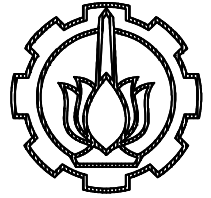
JENIS FRAME	Balok Memanjang 80/150	
	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ATAS	4 D25	4 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
TULANGAN PINGGANG		
SENGKANG	2 kaki D13 - 150	2 kaki D13 - 200

JENIS FRAME	Balok Melintang 80/150	
	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ATAS	4 D25	4 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25
TULANGAN PINGGANG	3 D25	3 D25
SENGKANG	2 kaki D13 - 150	2 kaki D13 - 300

DETAIL BALOK TRESTLE
SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN PELAT INSITU TRESTLE
SKALA 1:50



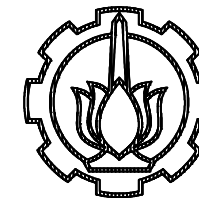
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU TRESTLE	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
24	28



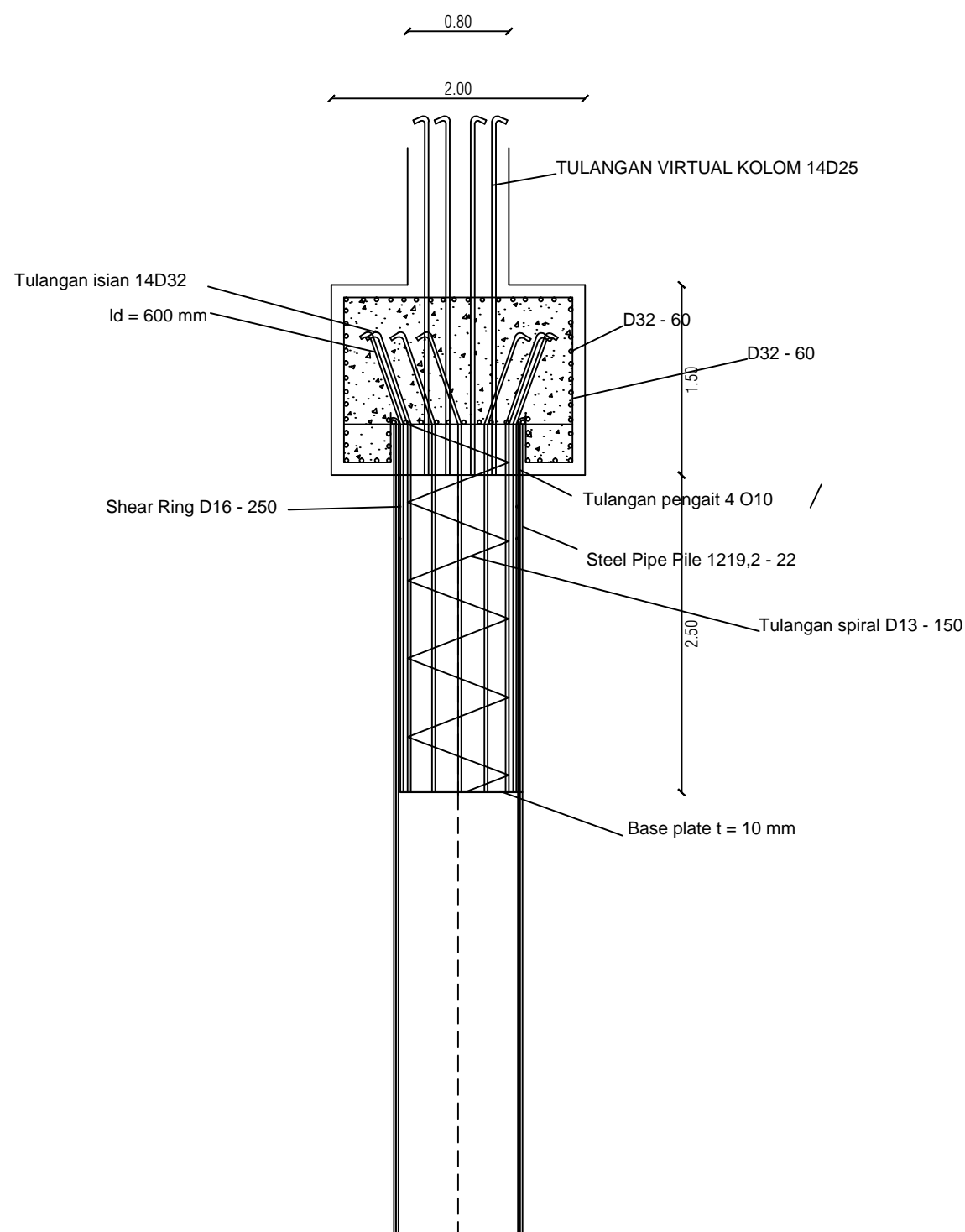
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

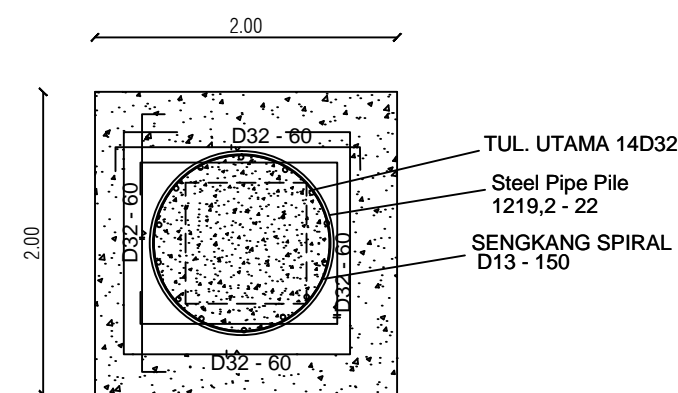
DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

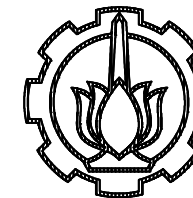
NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PILE CAP DERMAGA	1 : 50
NAMA MAHASISWA	
ACHMAD WASIUR RIZQI NRP 3114041003	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS. NIP. 19600105 198603 1 003 Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo NIP. 19550319 198403 1 001	
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
25	28



DETAIL PENULANGAN PILE CAP DERMAGA
SKALA 1:50



DETAIL PILE CAP DERMAGA
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN ABUTMEN TRESTLE	1 : 100
	1 : 25

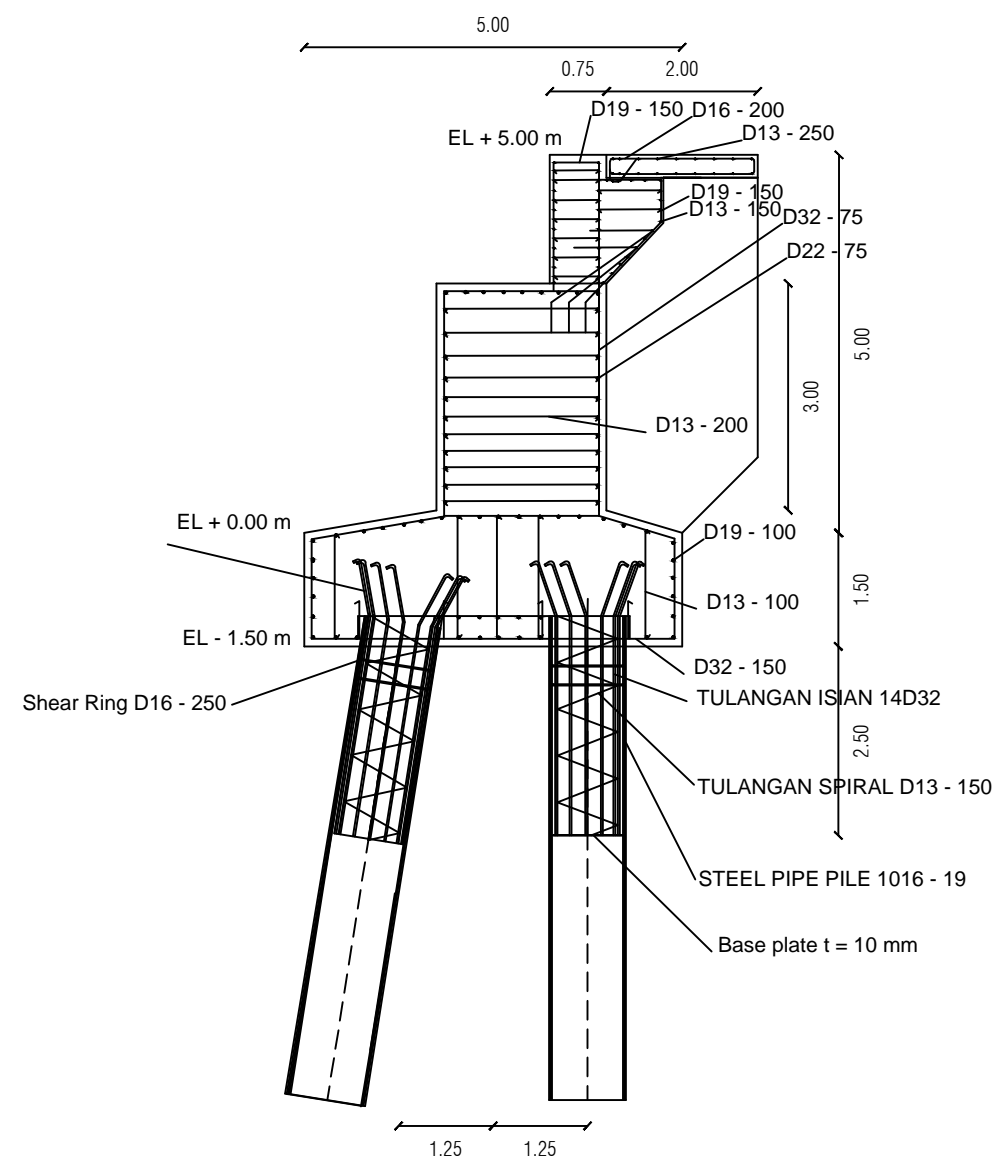
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

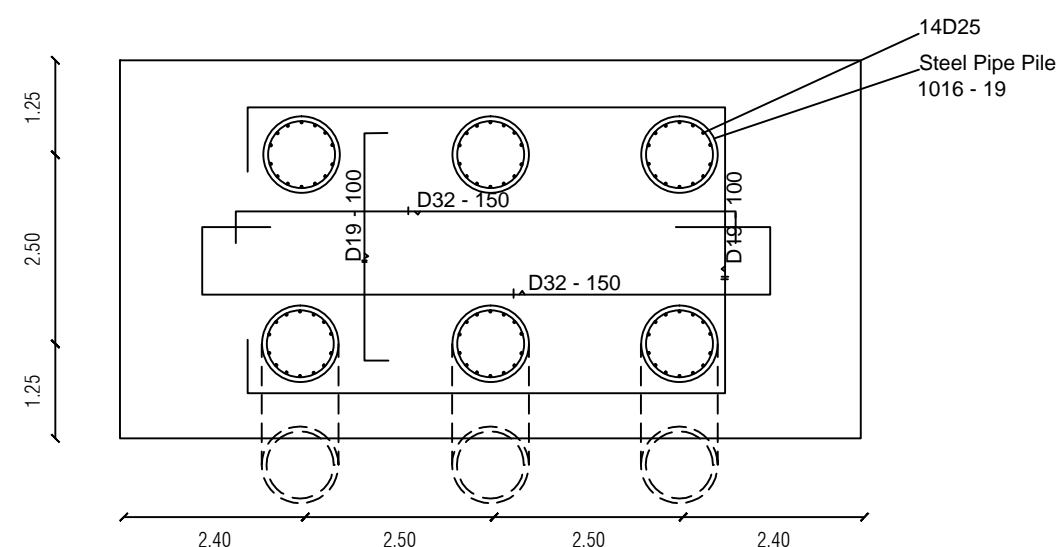
NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

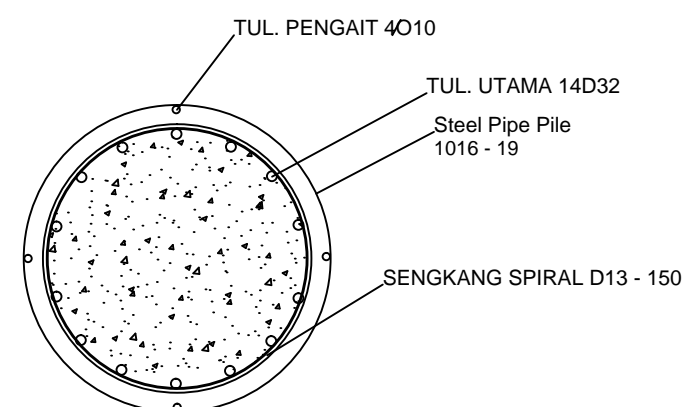
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
26	28



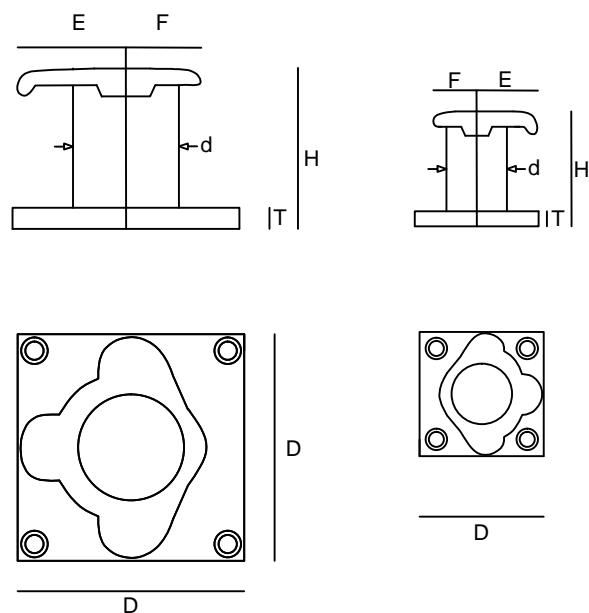
DETAIL PENULANGAN ABUTMEN TRESTLE
SKALA 1:100



DENAH PENULANGAN ABUTMEN TRESTLE
SKALA 1:100



DETAIL TIANG PANCANG TRESTLE
SKALA 1:25



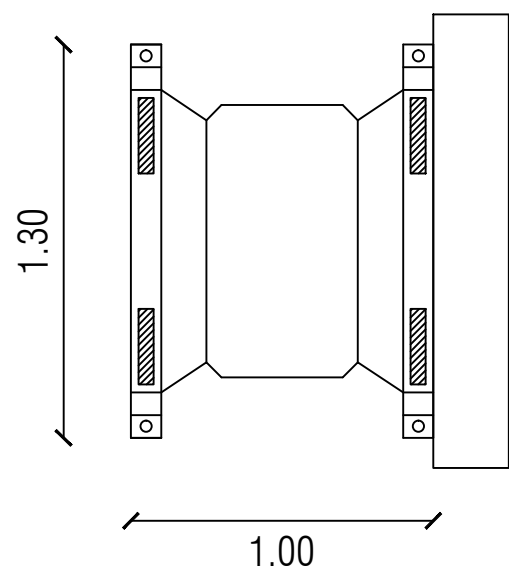
Tricorn Bollard 300 kN

Ket	D	E	F	H	d	T	Bolts
(mm)	410	200	140	380	200	50	4xM30

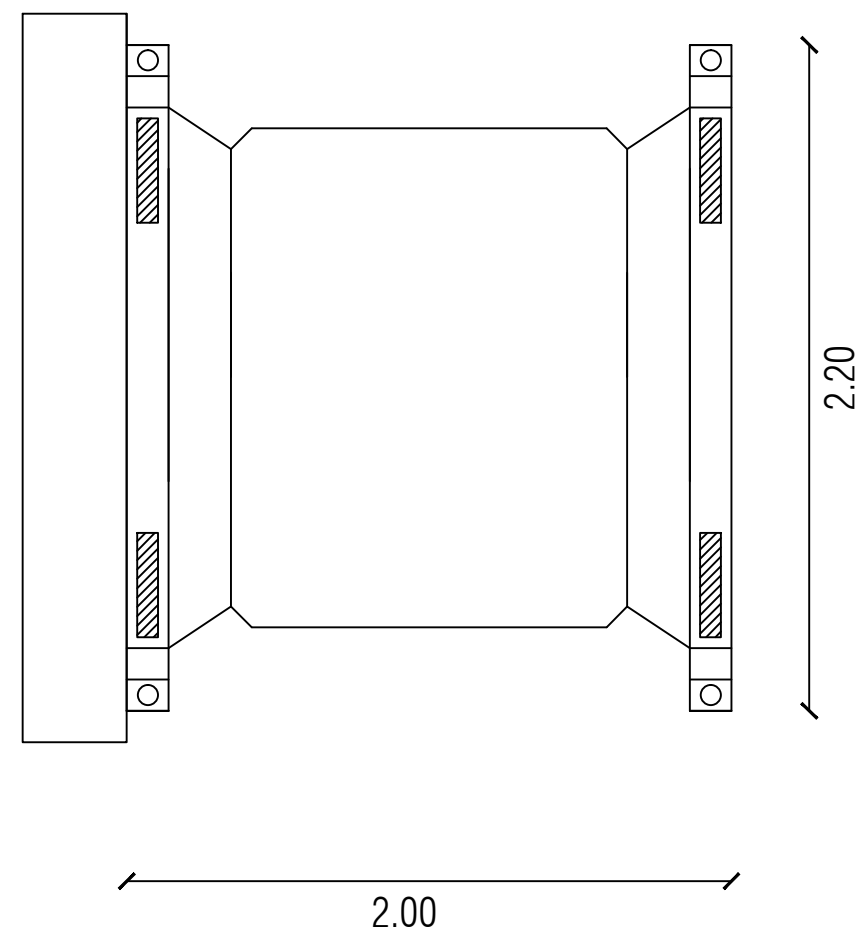
Tricorn Bollard 800 kN

Ket	D	E	F	H	d	T	Bolts
(mm)	750	365	250	530	350	70	4xM48

DETAIL BOLLARD
SKALA 1:25

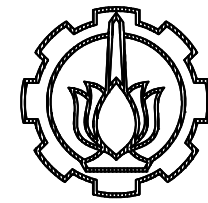


Fender SUC1000H
Mutu RS



DETAIL FENDER
SKALA 1:25

Fender SUC2000H
Mutu R0



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL BOLLARD DAN FENDER	1 : 25

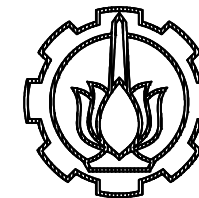
NAMA MAHASISWA

ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
27	28



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 REGULER
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR DERMAGA UNTUK
KAPAL CURAH 10.000 DWT DAN 50.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK

KETERANGAN

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN PELAT FIX CRANE	1 : 50

NAMA MAHASISWA

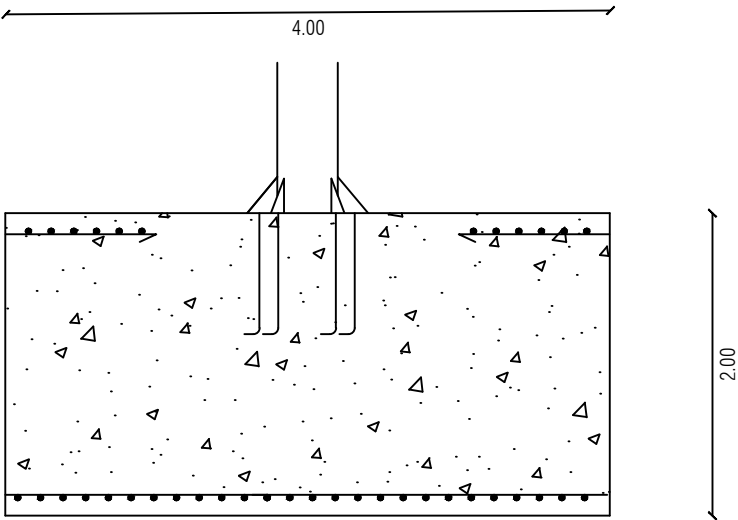
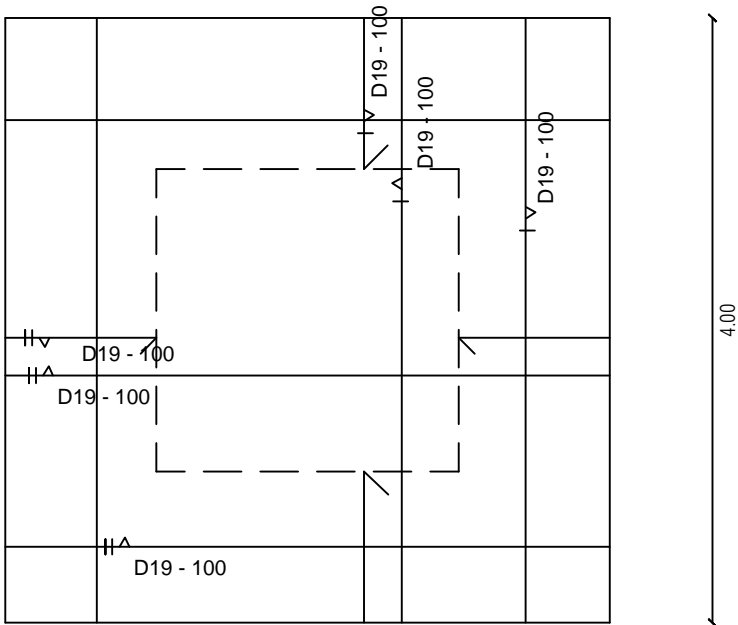
ACHMAD WASIUR RIZQI
NRP 3114041003

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
28	28



DETAIL TULANGAN PLAT FIX CRANE
SKALA 1:50



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya, 60111, Telp. (031) 5994251-55 psw. 1140

Telp/Fax (031) 5928601, e-mail tanah.its@gmail.com

M.A. PASANG + 2,00m BLANKO PENGEBORAN DI LAPANGAN

M.A. SURUT + 1,00m

Klien		Titik Bor	BH1 1
Proyek		Bor Master	MISWANTO
Lokasi		MAT	
Eksekusi		Hari	SABTU - minggu
K =		Tanggal	21-1-2017 - 22-1-2017
V =		Cuaca	BERAWAN DAN CERAH

No	Kedalaman (m)	Deskripsi tanah	Warna	SPT			N-SPT
				I	II	III	
	0 - 1	pasir	putih kecoklatan				
	1 - 2						
	2 - 3	pasir kritis	putih kekuningan	5	7	9	16
	3 - 4						
	4 - 5						
	5 - 6			8	8	10	18
	6 - 7						
	7 - 8						
	8 - 9	Batu kapur	putih	18	21	24	45
	9 - 10						
	10 - 11						
	11 - 12			18	24	25	49
	12 - 13						
	13 - 14			17	23	28	51
	14 - 15						
	15 - 16						
	16 - 17						
	17 - 18						
	18 - 19						
	19 - 20						
	20 - 21	Batu kapur	putih				
	21 - 22						
	22 - 23						
	23 - 24						
	24 - 25						
	25 - 26						
	26 - 27						
	27 - 28			21	25	29	54
	28 - 29						
	29 - 30			23	25	26	51
	30 - 31						
	31 - 32						
	32 - 33						
	33 - 34						
	34 - 35						
	35 - 36						
	36 - 37						
	37 - 38						
	38 - 39						
	39 - 40						
	40 - 41						
	41 - 42						
	42 - 43						
	43 - 44						
	44 - 45						
	45 - 46						
	46 - 47						
	47 - 48						
	48 - 49						
	49 - 50						
	50 - 51						
	51 - 52						
	52 - 53						
	53 - 54						
	54 - 55						
	55 - 56						
	56 - 57						
	57 - 58						
	58 - 59						
	59 - 60						
	60 - 61						
	61 - 62						
	62 - 63						
	63 - 64						
	64 - 65						
	65 - 66						
	66 - 67						
	67 - 68						
	68 - 69						
	69 - 70						
	70 - 71						
	71 - 72						
	72 - 73						
	73 - 74						
	74 - 75						
	75 - 76						
	76 - 77						
	77 - 78						
	78 - 79						
	79 - 80						
	80 - 81						
	81 - 82						
	82 - 83						
	83 - 84						
	84 - 85						
	85 - 86						
	86 - 87						
	87 - 88						
	88 - 89						
	89 - 90						
	90 - 91						
	91 - 92						
	92 - 93						
	93 - 94						
	94 - 95						
	95 - 96						
	96 - 97						
	97 - 98						
	98 - 99						
	99 - 100						

Kejadian penting di lapangan

- 1
- 2
- 3
- 4

Pengawas - 1
PT. Semen Indonesia

Pengawas - 2
PT. Semen Indonesia

Kupang, 22-1-2017

Pelaksana lapangan
Lab. Mekanika Tanah & Batuan
Jurusan Sipil, FTSP-ITS

SETIO HADI



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS

Kampus ITS, Keputuh Sukolilo Surabaya, 60111, Telp: (031) 5994251-55 psw: 1140

Telp/Fax: (031) 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

BLANKO PENGEBORAN DI LAPANGAN

Klien		Titik Bor	BHL - 5
Proyek		Bor Master	MISWANTO
Lokasi		MAT	
Elevasi		Hari	MINGGU
K =		Tanggal	29-1-2017
T =		Cuaca	Hujan dan cerah

MA: PASANG. 9.20M

MA: SURUT. 6.30M DARI SEA BED

No	Kedalaman (m)	Deskripsi tanah	Warna	SPT			N-SPT
				I	II	III	
0-1		PASIR B. KAKIL	PURM				
1-2							
2-3							
3-4		BATUKAPUR	→	20	25	26	
4-5			PURM				
5-6			→	18	24	24	
6-7							
7-8			→	20	26	29	
8-9							
9-10							
10-11							
11-12		BATU KAPUR	PURM →	24	26	26	
12-13			KECOKLATAN				
13-14			→	24	27	29	
14-15							
15-16			→	760	1400		
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							
21-22							
22-23		BATU KAPUR	→	260	1300		
23-24			PURM				
24-25			→	24	27	29	
25-26							
26-27			→	260	1300		
27-28							
28-29							
29-30							
30							

Kejadian penting di lapangan

-
-
-
-

Pengawas -1
PT. Semen Indonesia

Pengawas -2
PT. Semen Indonesia

Kupang,
Pelaksana lapangan
Lab. Mekanika Tanah & Batuan
Jurusan T. Sipil FTSP-ITS

SETIO HADI

Choe

BRIDGESTONE

MARINE FENDER DESIGN MANUAL

Ore carrier

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.8	1.8	2.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.1	4.7	8.4
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.2	7.2	12.8
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.2	9.5	16.7
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.3	14.2	25.2
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.4	16.7	29.5
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.7	21.8	38.6
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	12.0	27.0	47.9
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.3	32.2	57.1
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.7	42.1	74.9
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.2	52.2	93.0
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.7	62.3	110.8
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.2	72.5	128.6
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.5	82.1	145.9
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.2	101.7	180.8
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,795	261,795	66.8	150.3	267.2
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.0	200.3	356.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.5	255.4	454.0

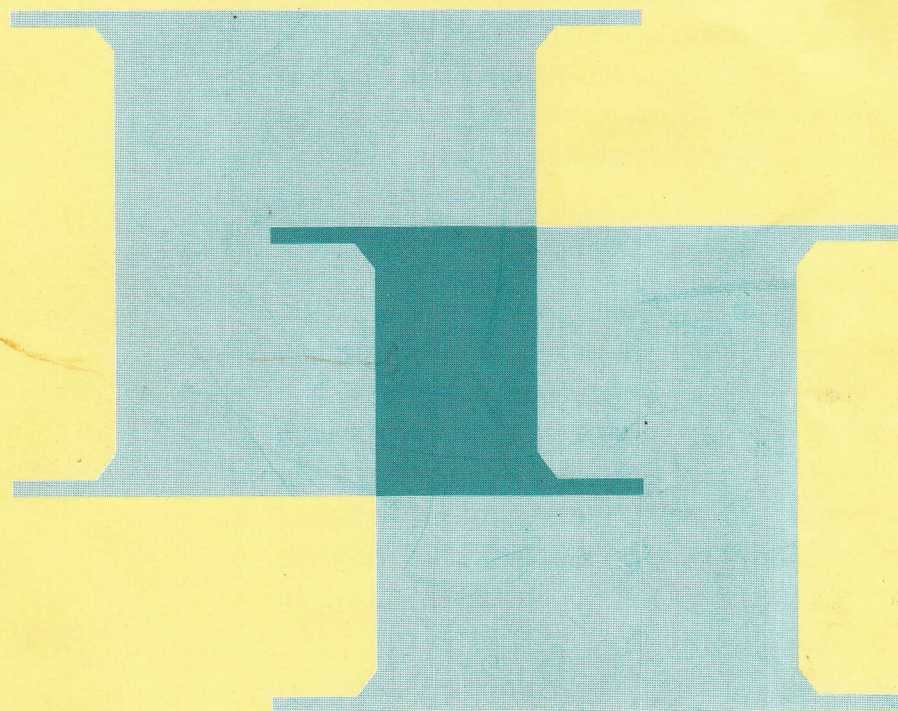
Freighter

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	60	9.3	4.4	4.1	812	2,147	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	77	11.5	5.8	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	90	13.1	6.8	5.7	2,353	6,353	1.6	3.6	6.5
4,000	5,333	100	14.3	7.7	6.3	3,193	8,526	2.2	5.0	8.7
5,000	6,667	109	15.3	8.4	6.7	3,937	10,604	2.7	6.1	10.8
6,000	8,000	117	16.2	9.0	7.1	4,746	12,746	3.3	7.4	13.0
7,000	9,333	124	17.0	9.6	7.5	5,612	14,945	3.8	8.6	15.3
8,000	10,667	130	17.7	10.1	7.8	6,364	17,031	4.3	9.7	17.4
9,000	12,000	136	18.4	10.6	8.1	7,179	19,179	4.9	11.0	19.6
10,000	13,333	142	19.0	11.1	8.3	7,871	21,204	5.4	12.2	21.6
12,000	16,000	152	20.1	11.9	8.8	9,471	25,471	6.5	14.6	26.0
15,000	20,000	165	21.6	13.0	9.5	11,981	31,981	8.2	18.5	32.6
17,000	22,667	173	22.4	13.7	9.8	13,368	36,035	9.2	20.7	36.8
20,000	26,667	184	23.6	14.6	10.3	15,706	42,373	10.8	24.3	43.2

BRIDGESTONE

F200E-3

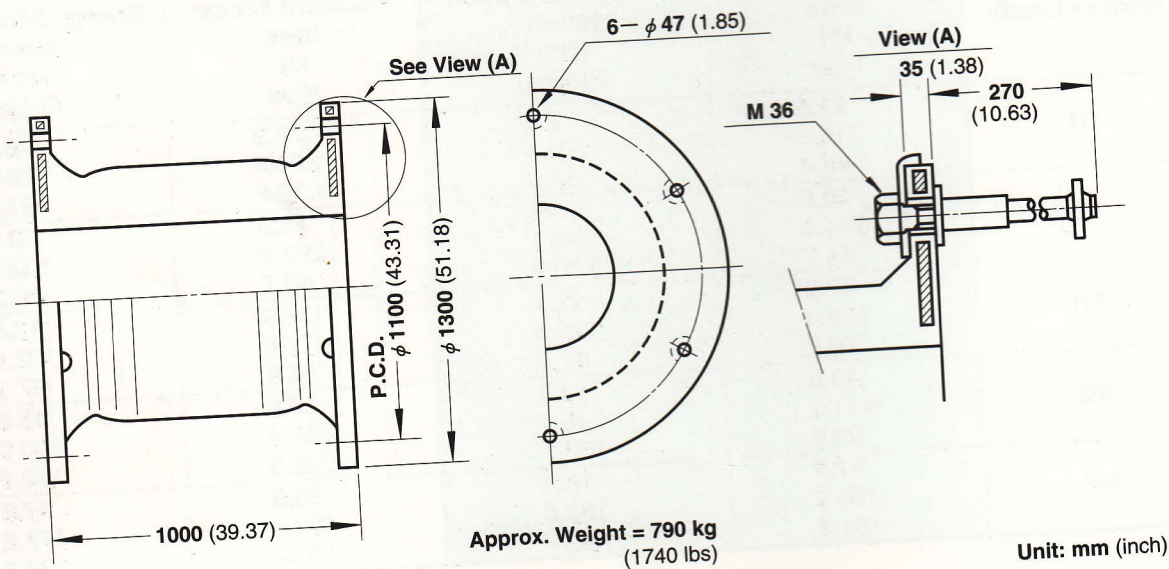
CELL FENDER SERIES



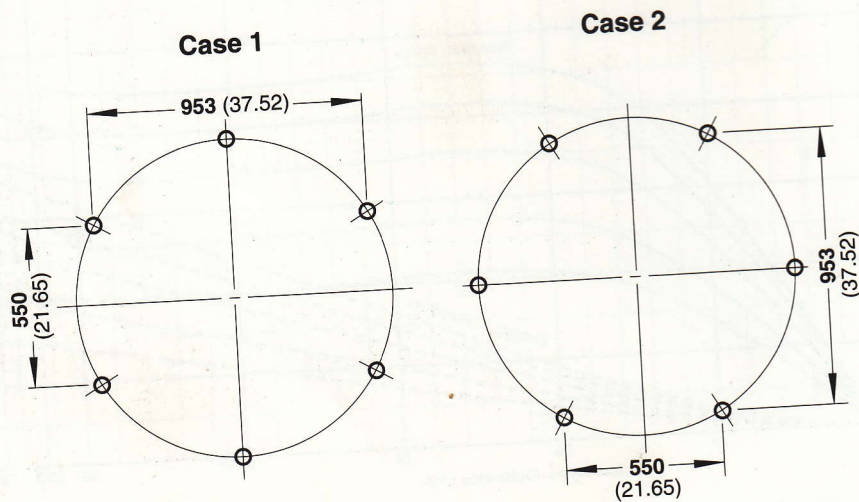
3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1000H

(1) Dimensions



(2) Location of bolt holes



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

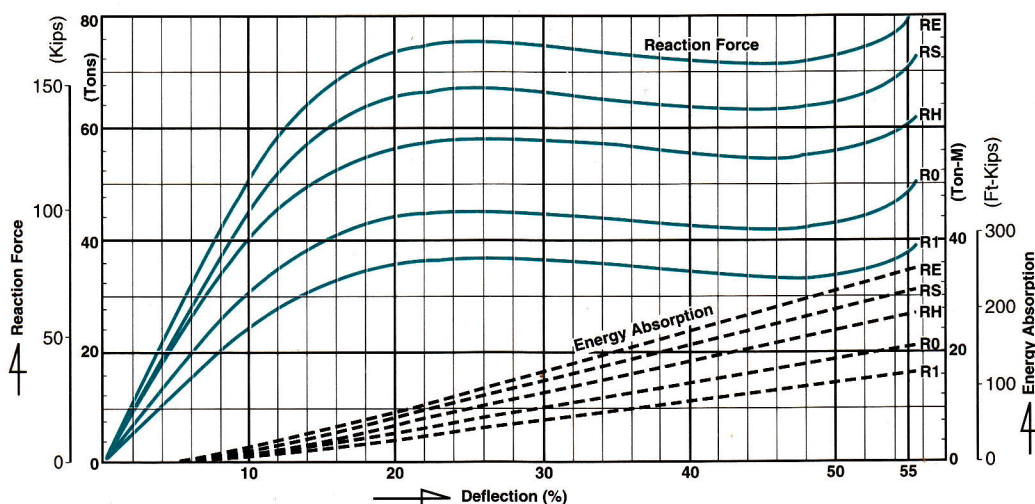
SUC1000H

(3) Performance

Deflection	52.5 % (Rated Deflection)		55.0 %	
Rubber Grade	Reaction Force: tons kN Kips	Energy Absorption: ton-m kNm Ft-kips	Reaction Force: tons kN Kips	Energy Absorption: ton-m kNm Ft-kips
R1	35.6 349.1 78.5	15.6 153.0 112.9	37.9 371.7 83.6	16.6 162.8 120.1
R0	44.5 436.4 98.1	19.5 191.2 141.1	47.3 463.9 104.3	20.7 203.0 149.8
RH	57.9 567.8 127.7	25.4 249.1 183.8	61.5 603.1 135.6	29.6 263.8 194.6
RS	66.8 655.1 147.3	29.3 287.3 212.0	71.0 696.3 156.6	31.0 304.0 224.3
RE	75.2 737.5 165.8	33.0 323.6 238.8	80.0 784.5 176.4	35.0 343.2 253.2

Tolerance: $\pm 10\%$

(4) Performance Curve

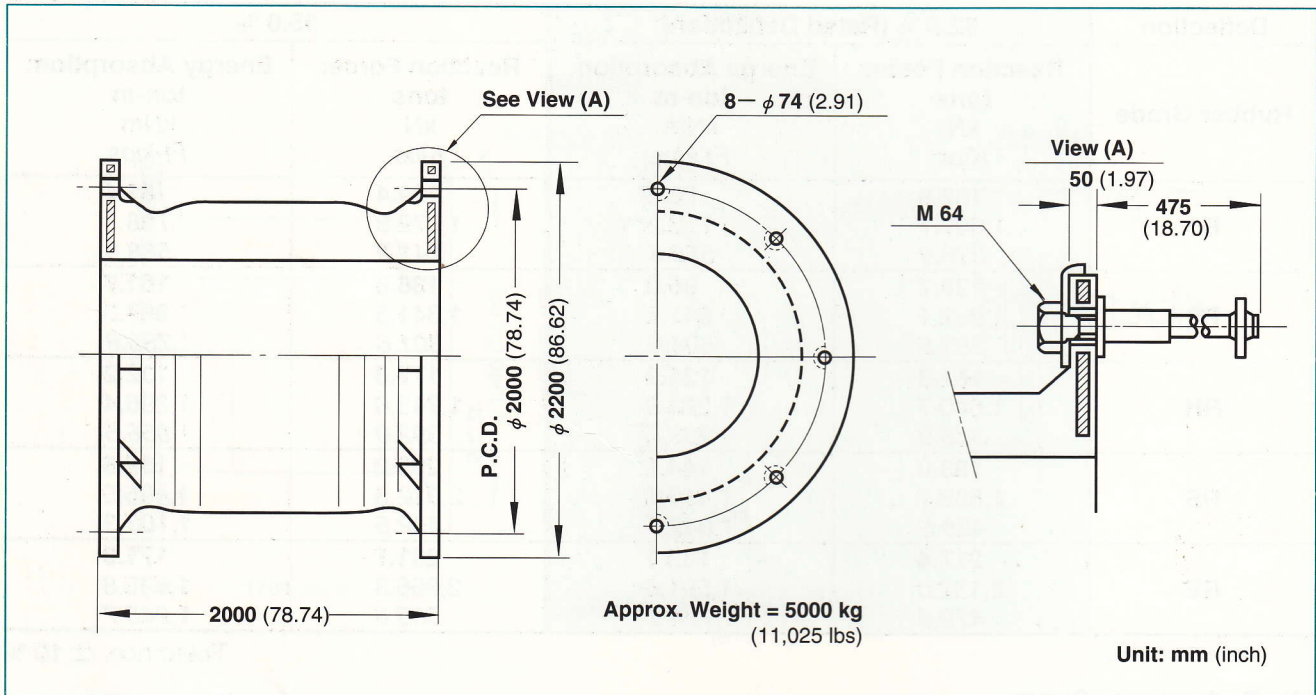


※ "Intermediate rubber grades giving performance characteristics $\pm 5\%$ or $\pm 10\%$ on above standard rubber grades are available on request."

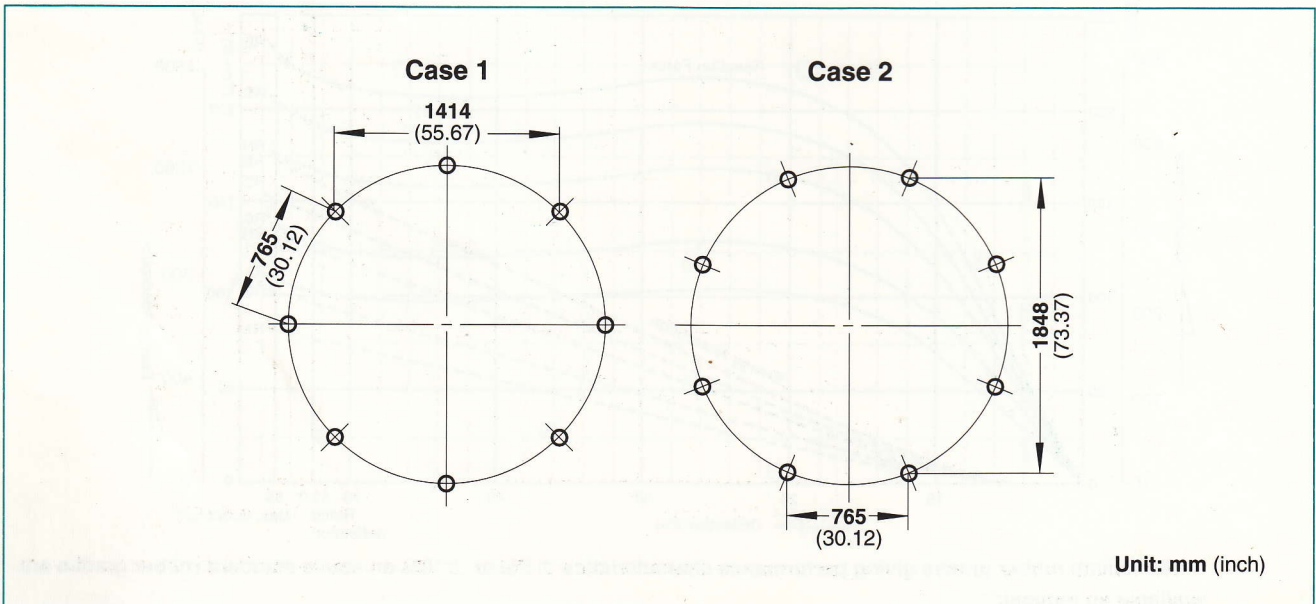
3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC2000H

(1) Dimensions



(2) Location of bolt holes



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

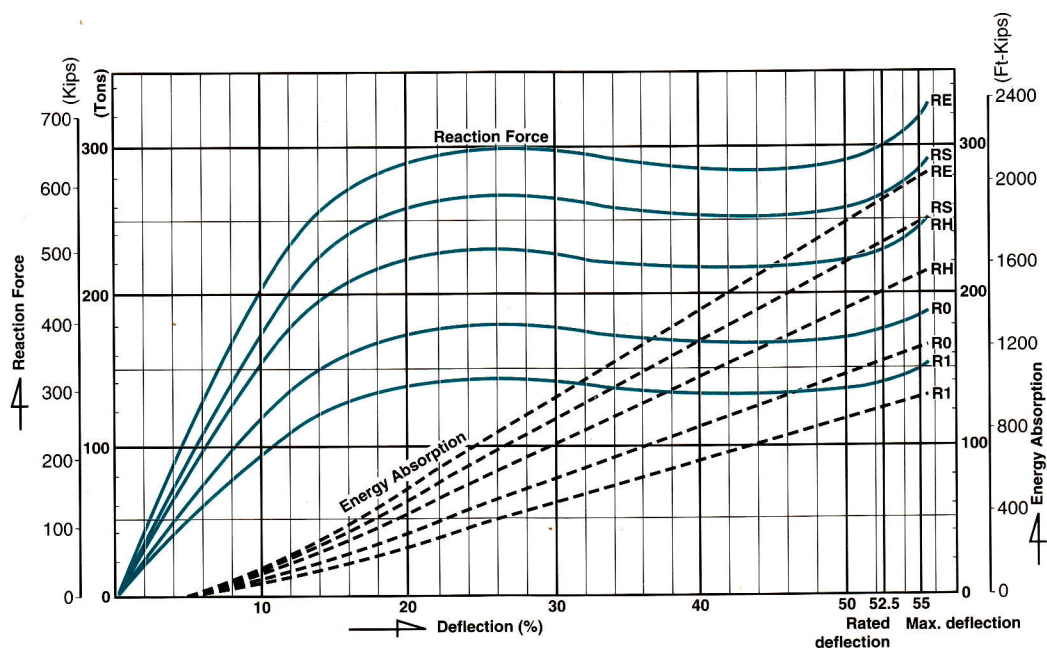
SUC2000H

(3) Performance

Deflection	52.5 % (Rated Deflection)		55.0 %	
Rubber Grade	Reaction Force: tons kN Kips	Energy Absorption: ton-m kNm Ft-kips	Reaction Force: tons kN Kips	Energy Absorption: ton-m kNm Ft-kips
R1	142.5 1,397.4 314.2	125.1 1,226.8 905.1	151.4 1,484.7 333.8	132.5 1,299.4 958.6
R0	178.1 1,746.6 392.7	156.4 1,533.8 1,131.6	189.3 1,856.4 417.4	165.6 1,624.0 1,198.1
RH	231.5 2,270.2 510.5	203.3 1,993.7 1,470.9	246.1 2,413.4 542.7	215.3 2,111.4 1,557.7
RS	267.1 2,619.4 589.0	234.6 2,300.6 1,697.3	283.9 2,784.1 626.0	248.4 2,436.0 1,797.2
RE	300.0 2,942.0 661.5	264.3 2,591.9 1,912.2	319.9 3,137.1 705.4	279.8 2,743.9 2,024.4

Tolerance: $\pm 10\%$

(4) Performance Curve



※ "Intermediate rubber grades giving performance characteristics $\pm 5\%$ or $\pm 10\%$ on above standard rubber grades are available on request."



Bollards & Mooring Systems

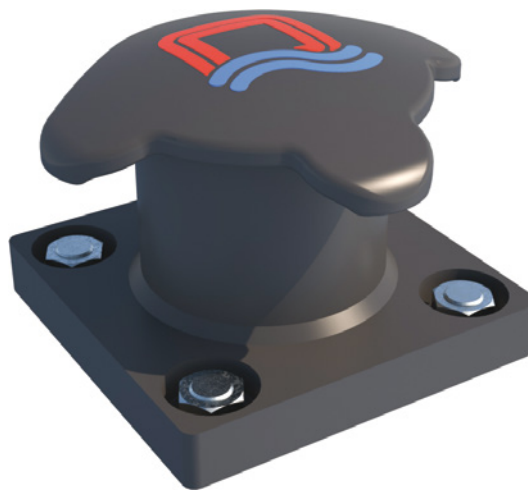


QUAYQUIP

A EUROTECH BENELUX
COMPANY

Tricorn Bollards

Ideal for any mooring, QuayQuip's unique, triple-lobed Tricorn Bollard (sometimes called an ETG Bollard) provides more holding power than any other bollard in its class, even on line angles up to 70°. Its generous trunk diameter reduces mooring line stresses. Integrated load fuses and capacities up to 2500kN are available.



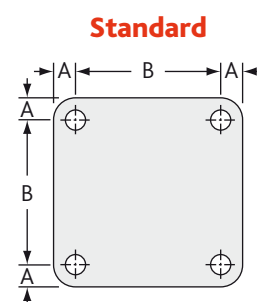
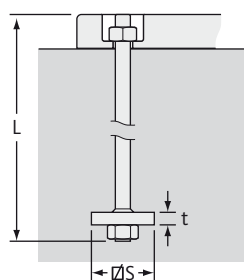
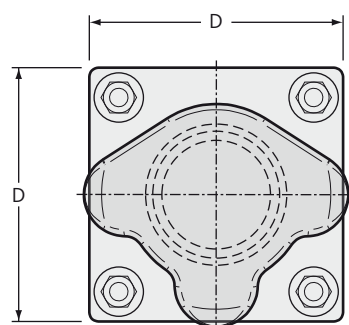
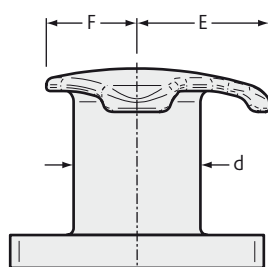
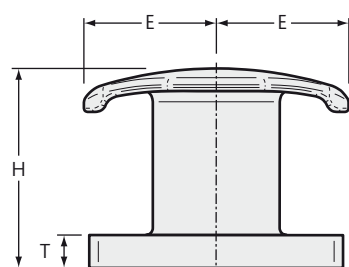
- Load fuse (safety weld) option
- High holding power
- Low temperature materials option
- Standard or custom baseplates
- No anchor stresses
- Very high vertical line angles

Capacity	D	E	F	H	d	T	Bolts	A	B	L	∅S	t
300kN	410	200	140	380	200	50	4×M30	55	300	500	130	30
500kN	480	235	175	390	270	60	4×M36	55	370	600	160	35
600kN	480	235	175	390	270	60	4×M36	55	370	600	150	35
800kN	750	365	250	530	350	70	4×M48	85	580	650	170	50
1000kN	750	365	250	530	350	70	4×M48	85	580	750	190	50
1250kN	750	365	250	540	350	80	4×M56	85	580	850	220	50
1500kN	750	365	250	550	350	90	4×M60	85	580	950	240	60
1750kN	800	450	325	575	500	90	4×M60	95	610	950	250	60
2000kN	800	450	325	585	500	100	4×M68	95	610	1050	320	60
2500kN	800	450	325	595	500	110	4×M68	95	610	1250	320	70

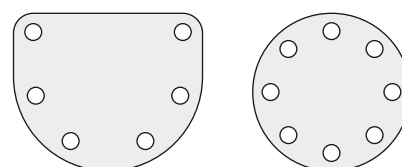
All dimensions are in mm. Angles are in degrees. Please ask QuayQuip for a certified drawing with anchor details.

Large diameter trunks are used for extra low mooring line stresses.

Anchor lengths are based on concrete quality C30/37.



Optional baseplates



Conveyor Solutions
FLEXOCORD® Steelcord
Conveyor Belts



EN



Product range

The FLEXOCORD® standard range is shown in the table. It is based on DIN 22131 as well as on European standard EN ISO 15236, type A1.

Please contact us for enquiries about belt types according to the EN types A2, for belts wider than 2400 mm, or other types that differ from Metso's standard.

Metso can supply most existing belt types following different international standards.

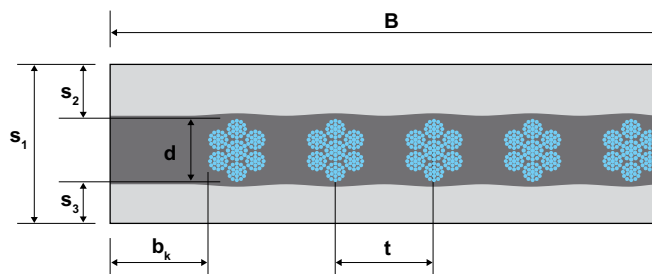
Specification		St 500	St 630	St 800	St 1000	St 1250	St 1400	St 1600	St 1800	St 2000
Operating tension	N/mm	75	90	110	140	175	200	225	255	285
Cord diameter standard	mm	2,7	2,8	3,1	3,7	4,2	4,4	4,7	5,1	5,5
Cord diameter max.	mm	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0	5,5	6,0
Cord strength, min.	kN	6,9	6,9	8,8	13,2	16,5	18,5	21,1	24,2	26,4
Cord pitch	mm	12,0	10,0	10,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Minimum cover thickness	mm	4/4	4/4	4/4	5/5	5/5	6/6	8/6	8/6	8/6
Belt weight, min. covers*	kg/m ²	15,7	16,5	17,6	21,6	23,0	25,2	29,0	30,2	31,5

* The belt weight is for the indicated minimum cover thickness. For each additional mm of cover thickness add 1,1 kg/m².

Belt width		Number of steelcords								
mm		St 500	St 630	St 800	St 1000	St 1250	St 1400	St 1600	St 1800	St 2000
800		63	75	75	63	63	63	63	63	63
1000		79	95	95	79	79	79	79	79	79
1200		95	113	113	95	95	95	95	95	95
1400		112	133	133	112	112	112	112	112	112
1600		128	153	153	128	128	128	128	128	128
1800				173	144	144	144	144	144	144
2000					161	161	161	161	161	161
2200						178	178	178	178	178
2400										194



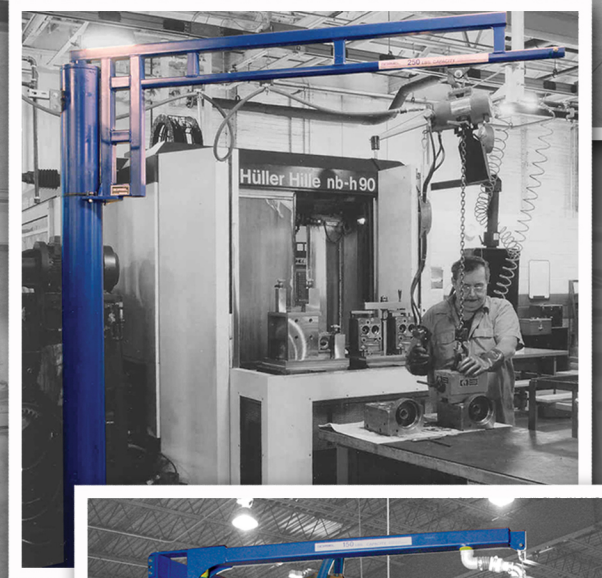
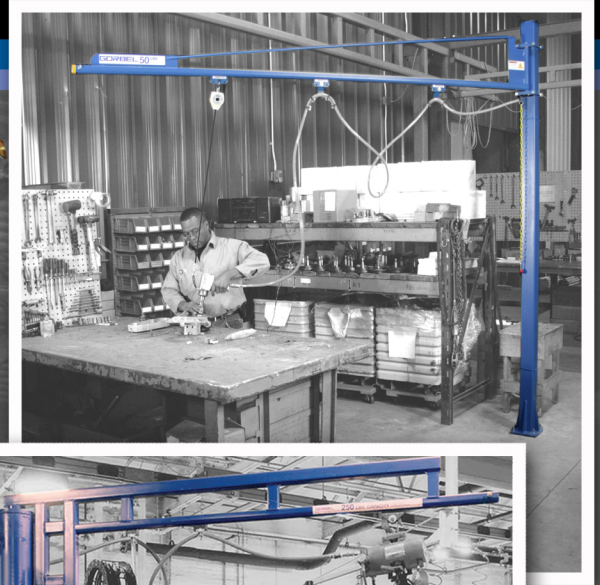
B belt width in mm
 d cord diameter in mm
 t cord pitch in mm
 s_1 belt thickness in mm
 (equivalent to s_2+d+s_3)
 s_2 top cover thickness in mm
 s_3 bottom cover thickness in mm
 b_k solid rubber edge



St 2250	St 2500	St 2800	St 3150	St 3500	St 4000	St 4500	St 5000	St 5400	St 5800	St 6300	St 6700
320	355	400	450	500	570	645	715	760	830	900	950
5,7	6,8	7,3	7,6	8,0	8,6	9,1	10,5	10,8	11,5	12,0	12,7
6,2	7,2	7,8	8,1	8,6	8,9	9,7	10,9	11,3	11,8	12,3	13,0
30,0	41,2	46,0	51,9	57,1	66,0	79,2	93,5	101,0	109,0	118,0	133,0
12,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	16,0	17,0	17,0	17,0	17,0	18,0
8/6	8/6	8/6	8/8	8/8	8/8	8/8	8,5/8,5	9/9	10/10	12/10	12/10
32,3	33,9	36,0	39,8	41,8	45,5	46,7	54,0	55,7	62,2	67,5	70,6

Number of steelcords											
St 2250	St 2500	St 2800	St 3150	St 3500	St 4000	St 4500	St 5000	St 5400	St 5800	St 6300	St 6700
63	50	50	50	50							
79	64	64	64	64	64	59	55	55	55	55	52
95	76	76	76	77	77	71	67	67	67	67	63
112	89	89	89	90	90	84	79	79	79	79	74
128	102	102	102	104	104	96	90	90	90	90	85
144	116	116	116	117	116	109	102	102	102	102	96
161	129	129	129	130	130	121	114	114	114	114	107
178	143	143	143	144	144	134	126	126	126	126	118
194	156	156	156	157	157	146	137	137	137	137	129





CRANES

JIB CRANES

Capacities from 50 pounds to 5 tons

Performance I-Beam Jibs
Enclosed Track Work Station Jibs
Articulating Jibs
Light Duty Tool Suspension Jibs
PIVOT PRO® Vacuum Sealed Jibs

WC200 Wall Cantilever

CAPACITY	SPAN (A)	MODEL NUMBER	B	E	F	G	W	THRUST & PULL
1/4 Ton	8'	WC200-B1-8-6	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	6"	1767#
	10'	WC200-B1-10-6	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	6"	2308#
	12'	WC200-B1-12-6	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	6"	2867#
	14'	WC200-B1-14-W8	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	3624#
	16'	WC200-B1-16-W8	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	4268#
	18'	WC200-B1-18-W8	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	3704#
	20'	WC200-B1-20-10	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	4595#
1/2 Ton	8'	WC200-B1-8-W8	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	3459#
	10'	WC200-B1-10-W8	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	4500#
	12'	WC200-B1-12-W8	3' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	5565#
	14'	WC200-B1-14-W8	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	4991#
	16'	WC200-B1-16-10	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	6063#
	18'	WC200-B1-18-10	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	6979#
	20'	WC200-B1-20-12	6' 0"	5"	3-1/2"	6"	12"	5493#
1 Ton	8'	WC200-B1-8-W8	4' 0"	5"	3-1/2"	6"	8"	5044#
	10'	WC200-B1-10-10	5' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	5294#
	12'	WC200-B1-12-10	5' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	6526#
	14'	WC200-B1-14-10	5' 0"	5"	3-1/2"	6"	10"	7778#
	16'	WC200-B1-16-12	6' 0"	5"	3-1/2"	6"	12"	7678#
	18'	WC200-B1-18-W16	6' 0"	5"	3-1/2"	6"	16"	9148#
	20'	WC200-B1-20-W16	6' 0"	5"	3-1/2"	6"	16"	10367#
2 Ton	8'	WC200-B2-8-12	4' 0"	5"	4"	6"	12"	10054#
	10'	WC200-B2-10-12	4' 0"	5"	4"	6"	12"	12998#
	12'	WC200-B2-12-W16	4' 6"	5"	4"	6"	16"	14409#
	14'	WC200-B2-14-W16	5' 0"	5"	4"	6"	16"	15442#
	16'	WC200-B2-16-W18	6' 0"	5"	4"	6"	18"	15067#
	18'	WC200-B2-18-W18	6' 6"	5"	4"	6"	18"	15892#
	20'	WC200-B2-20-W21	7' 6"	5"	4"	6"	21"	15840#
3 Ton	8'	WC200-B3-8-W16	4' 0"	5"	4"	6"	16"	15060#
	10'	WC200-B3-10-W16	4' 6"	5"	4"	6"	16"	17300#
	12'	WC200-B3-12-W16	5' 6"	5"	4"	6"	16"	17390#
	14'	WC200-B3-14-W18	6' 0"	5"	4"	6"	18"	19017#
	16'	WC200-B3-16-W18	7' 6"	5"	4"	6"	18"	17653#
	18'	WC200-B3-18-W21	8' 6"	5"	4"	6"	21"	17982#
	20'	WC200-B3-20-W21	9' 6"	5"	4"	6"	21"	18105#
5 Ton	8'	WC200-B5-8-W18	6' 6"	7"	6"	9"	18"	15323#
	10'	WC200-B5-10-W18	6' 6"	7"	6"	9"	18"	19770#
	12'	WC200-B5-12-W21	6' 6"	7"	6"	9"	21"	24379#
	14'	WC200-B5-14-W21	7' 6"	7"	6"	9"	21"	25077#
	16'	WC200-B5-16-W24	9' 6"	7"	6"	9"	21"	23240#
	18'	WC200-B5-18-W24	9' 6"	7"	6"	9"	24"	26485#
	20'	WC200-B5-20-W24	9' 6"	7"	6"	9"	24"	29769#

Model Number Explanation

Example: 1 Ton WC200-B1-12-10; 1 Ton = 2,000 pound capacity, WC200 = Wall Cantilever style, 12 = span (A), 10 = boom size in inches (W).

Other Sizes & Capacities Readily Available

Other spans and capacities are available by contacting your local Gorbel® dealer.

Note: Dimensions are subject to change without notice.

TUKAN KANGAROO 750 / 1500 / 3000

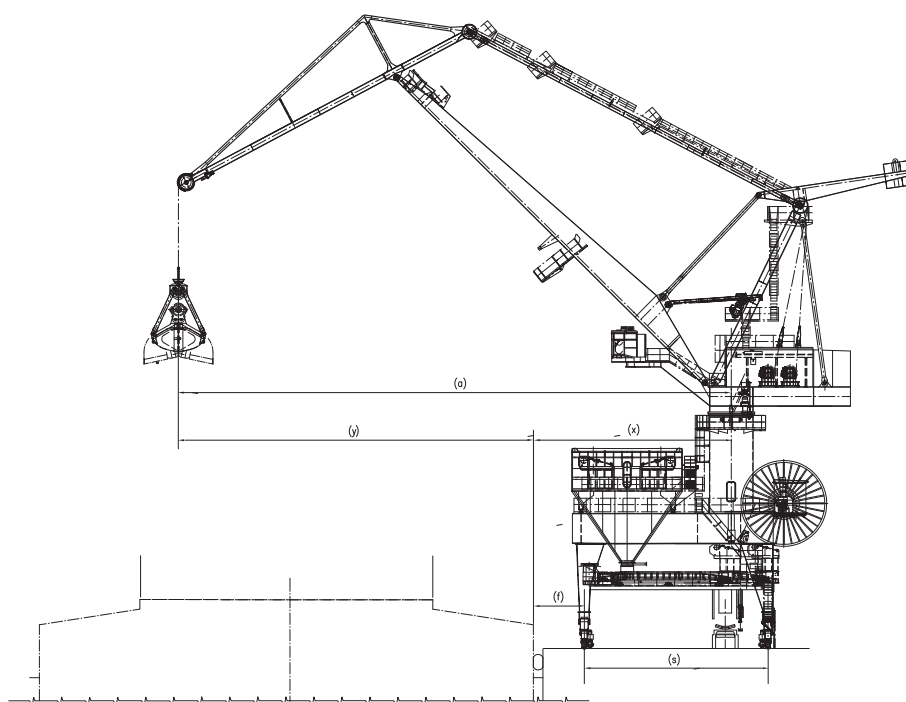
PRODUCT RANGE



OUTREACH / EFFECTIVE WORKING RANGE: RELATIVE TO GANTRY GAUGE AND FENDER DISTANCE.

For the standard Tukan Kangaroo series, the following data form the basis for determination of the ship sizes that can be served:

→ CRANETYPE TUKAN KANGAROO/ GRANDE TUKAN KANGAROO	→ MAX. OUTREACH (a)	→ NOMINAL GANTRY GAUGE (s)	→ MIN. DISTANCE RAIL-FENDER (f)	→ MIN. DISTANCE CENTRE-FENDER (x) = s/2 + f	→ MAX. OUTREACH ÜBER FENDER (y)
	m	m	m	m	m
750 - 27	27	8.5	3.0	10.5	16.5
1500 - 35	35	10	4.0	12.5	22.5
1500 - 40	40	12	4.0	13.0	27.0
1500 - 45	45	15	4.0	14.0	31.0
3000 - 50	50	15	4.5	16.0	34.0
3000 - 55	55	18	6.0	17.0	38.0



↑
Outreach/effective working range



PT. SWARNA BAJAPACIFIC

SPIRAL
WELDED
STEEL PIPES



CERTIFICATE NO. 18134

STANDARD SIZE ANE WEIGHT

ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	i (cm)
	318,5	6.0	46,24	58,9	719 x 10	452	9,1
		9.0	68,69	87,5	105 x 10 ²	659	10,9
12 3/4	323,9	7,1	55,47	70,6	887 x 10	54.8 x 10	11,2
		9,0	69,89	89,0	110 x 10 ²	68.2 x 10	11,1
14	355,6	6.0	51,73	69,1	105 x 10 ²	593	12,4
		9.0	76,92	98.00	147 x 10 ²	828	12,3
	400	9.0	86,78	110,6	211 x 10 ²	105.7 x 10	13,8
		12,0	114,82	146,3	276 x 10 ²	137.8 x 10	13,7
16	406,4	9.0	88,20	112,4	222 x 10 ²	109.2 x 10	14,1
		12,0	116,71	148,7	289 x 10 ²	142.4 x 10	14,0
20	508.0	9.0	110,75	141,1	439 x 10 ²	173 x 10	17,6
		12,0	146,78	187.0	575 x 10 ²	227 x 10	17,5
		14,0	170,55	217,3	663 x 10 ²	261 x 10	17,5
24	609,6	9,0	133,30	169,8	766 x 10 ²	251 x 10	21,2
		12,0	176,84	225,3	101 x 10 ³	330 x 10	21,1
		14,0	205,62	262.0	166 x 10 ³	381 x 10	21,1
		16,0	234,21	298,4	132 x 10 ³	431 x 10	21,0
28	711,2	9,0	155,85	198,5	122 x 10 ³	344 x 10	24,8
		12,0	206,91	263,6	161 x 10 ³	453 x 10	24,7
		14,0	240,70	306,6	186 x 10 ³	524 x 10	24,7
		16,0	274,30	349,4	211 x 10 ³	594 x 10	24,6
32	812,8	9,0	178,40	227,3	184 x 10 ³	452 x 10	28,4
		12,0	236,97	301,9	242 x 10 ³	596 x 10	28,3
		14,0	275,78	351,3	280 x 10 ³	690 x 10	28,2
		16,0	314,39	400,5	318 x 10 ³	782 x 10	28,2
36	914,4	12,0	267,04	340,2	346 x 10 ³	758 x 10	31,9
		14,0	310,85	396.0	401 x 10 ³	878 x 10	31,8
		16,0	354,47	451,6	456 x 10 ³	997 x 10	31,8
		19,0	419,53	534,5	536 x 10 ³	117 x 10 ²	31,7
40	1016.0	12,0	297,10	378,5	477 x 10 ³	939 x 10	35,5
		14,0	345,93	440,7	553 x 10 ³	109 x 10 ²	35,4
		16,0	394,56	502,7	628 x 10 ³	124 x 10 ²	35,4
		19,0	467,13	595,1	740 x 10 ³	146 x 10 ²	35,3
44	1117,6	12,0	327,17	416,8	637 x 10 ³	114 x 10 ²	39,1
		14,0	381,01	485,4	739 x 10 ³	132 x 10 ²	39,0
		16,0	434,65	553,7	840 x 10 ³	150 x 10 ²	39,0
		19,0	514,74	655,8	990 x 10 ³	177 x 10 ²	38,8
	1200	14,0	409,45	521,6	917 x 10 ³	153 x 10 ²	41,9
		16,0	467,16	595,1	104 x 10 ⁴	174 x 10 ²	41,9
		19,0	553,35	704,9	123 x 10 ⁴	205 x 10 ²	41,8
		22,0	639,09	814,2	141 x 10 ⁴	235 x 10 ²	41,7
48	1219,2	14,0	416,08	530,1	963 x 10 ³	158 x 10 ²	42,6
		16,0	474,73	604,8	109 x 10 ⁴	180 x 10 ²	42,5
		19,0	562,34	716,4	129 x 10 ⁴	212 x 10 ²	42,4
		22,0	649,50	827,4	148 x 10 ⁴	243 x 10 ²	42,3
	1300	14,0	443,98	565,6	117 x 10 ⁴	180 x 10 ²	45,5
		16,0	506,62	645,4	133 x 10 ⁴	205 x 10 ²	45,4
		19,0	600,20	764,6	157 x 10 ⁴	241 x 10 ²	45,3
		22,0	693,34	883,3	180 x 10 ⁴	278 x 10 ²	45,2

STANDARD SIZE ANE WEIGHT

ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	i (cm)
52	1320,8	14,0	451,16	574,8	123 x 10 ⁴	186 x 10 ²	46,2
		16,0	514,82	655,9	140 x 10 ⁴	211 x 10 ²	46,1
		19,0	609,95	777,0	165 x 10 ⁴	249 x 10 ²	46,0
		22,0	704,62	897,7	189 x 10 ⁴	287 x 10 ²	45,9
	1400	14,0	478,50	609,6	146 x 10 ⁴	209 x 10 ²	49,0
		16,0	546,07	695,7	167 x 10 ⁴	238 x 10 ²	48,9
		19,0	647,05	824,3	197 x 10 ⁴	281 x 10 ²	48,8
		22,0	747,59	952,4	226 x 10 ⁴	323 x 10 ²	48,7
56	1422,4	14,0	486,24	619,4	154 x 10 ⁴	216 x 10 ²	49,8
		16,0	554,91	706,9	175 x 10 ⁴	246 x 10 ²	49,7
		19,0	657,55	837,7	206 x 10 ⁴	290 x 10 ²	49,6
		22,0	759,75	967,9	237 x 10 ⁴	334 x 10 ²	49,5
	1500	16,0	585,53	745,9	205 x 10 ⁴	274 x 10 ²	52,5
		19,0	693,91	884,0	242 x 10 ⁴	323 x 10 ²	52,4
		22,0	801,84	1021,5	279 x 10 ⁴	372 x 10 ²	52,3
		25,0	909,34	1158,5	315 x 10 ⁴	420 x 10 ²	52,2
60	1524,0	16,0	595,00	758,0	215 x 10 ⁴	283 x 10 ²	53,3
		19,0	705,15	898,3	254 x 10 ⁴	334 x 10 ²	53,2
		22,0	814,87	1038,1	293 x 10 ⁴	384 x 10 ²	53,1
		25,0	924,13	1177,3	331 x 10 ⁴	434 x 10 ²	53,0
	1600	16,0	624,98	796,2	250 x 10 ⁴	312 x 10 ²	56,0
		19,0	740,76	943,7	295 x 10 ⁴	369 x 10 ²	55,9
		22,0	856,10	1090,6	340 x 10 ⁴	424 x 10 ²	55,8
		25,0	970,99	1237,0	384 x 10 ⁴	480 x 10 ²	55,7
	1800	19,0	834,47	1063,1	422 x 10 ⁴	468 x 10 ²	63,0
		22,0	964,60	1228,9	486 x 10 ⁴	540 x 10 ²	62,9
		25,0	1.094,29	1394,1	549 x 10 ⁴	610 x 10 ²	62,8
	2000	22,0	1.073,10	1367,1	669 x 10 ⁴	669 x 10 ²	69,9
		25,0	1.217,59	1551,2	756 x 10 ⁴	756 x 10 ²	69,8
81	2057,4	19,0	955,07	1217,0	632 x 10 ⁴	615 x 10 ²	72,1
		22,0	1104,25	1407,3	729 x 10 ⁴	709 x 10 ²	72,0
		25,0	1252,97	1596,9	825 x 10 ⁴	802 x 10 ²	71,9
84	2133,6	19,0	990,77	1262,7	706 x 10 ⁴	662 x 10 ²	74,8
		22,0	1145,59	1460,0	814 x 10 ⁴	763 x 10 ²	74,7
		25,0	1299,95	1656,8	921 x 10 ⁴	863 x 10 ²	74,6
90	2286	19,0	1062,18	1353,7	870 x 10 ⁴	761 x 10 ²	80,2
		22,0	1228,27	1565,4	100 x 10 ⁵	878 x 10 ²	80,0
		25,0	1393,91	1776,5	114 x 10 ⁵	993 x 10 ²	80,0
96	2438,4	19,0	1133,59	1444,7	106 x 10 ⁵	867 x 10 ²	85,7
		22,0	1310,95	1670,8	122 x 10 ⁵	100 x 10 ³	85,5
		25,0	1487,86	1896,2	138 x 10 ⁵	113 x 10 ³	85,3
100	2540	19,0	1181,19	1505,4	120 x 10 ⁵	942 x 10 ²	89,3
		22,0	1366,07	1741,0	138 x 10 ⁵	109 x 10 ³	89,0
		25,0	1550,50	1976,1	156 x 10 ⁵	123 x 10 ³	88,8

Note : Weight is calculated using the following formula

$$W = (D-t) t \times 0.02466$$

W = Weight (kg/m)

D = Outside diameter of pipe (mm)

t = Thickness of material (mm)

Calculation result integrated into 2 decimal places.

Third place decimal <0.005 is eliminated, ≥ 0.005 is integrated up

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Achmad Wasiur Rizqi. Lahir di Surabaya pada 25 November 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Sawunggaling VII/388, SMPN 16 Surabaya dan SMA Ta'miriyah Surabaya. Setelah lulus dari SMA Ta'miriyah Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti ujian masuk Diploma 4 Teknik Infrastruktur Sipil ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000003. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis pernah aktif dalam beberapa kepanitaan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

More Information :



achmadwasiur@gmail.com

Telp : 082139435074